

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Chemistry 4.0 – Smart Manufacturing v chemických podnicích
Bakalářská práce

2022

Lucie Tykvanová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lucie Tykvanová**
Osobní číslo: **C19347**
Studijní program: **B0488A050003 Ekonomika a management podniků chemického průmyslu**
Téma práce: **Chemistry 4.0 – smart manufacturing v chemických podnicích**
Zadávající katedra: **Katedra ekonomiky a managementu chemického a potravinářského průmyslu**

Zásady pro vypracování

1. Rešerše literatury v oblasti Industry 4.0
2. Zmapování charakteristik technologií, nástrojů a metod pro Smart Factories
3. Zmapování specifik chemických výroby v kontextu Smart Factories a Chemistry 4.0
4. Zmapování možností implementace prvků Industry 4.0 do chemických výroby: Smart Factories v chemickém průmyslu
5. Formulace závěrů a doporučení

Rozsah pracovní zprávy: **30**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. MAŘÍK, Vladimír. Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku. Praha: Management Press, 2016, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.
2. SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0-241-30075-6.
3. DELOITTE., Chemistry 4.0 – Growth through innovation in a transforming world.[online], 10/2017 Deloitte.
4. SIEMENS. Průmysl 4.0: Digitalizace v průmyslové výrobě. Siemens[online]. Česká republika, 2016
5. BUHR, Daniel. Social innovation policy for Industry 4.0 [online]. Bonn: Friedrich Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies, 2015, ISBN 978-3-95861-161-0.
6. TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje. Průhonice: Professional Publishing, 2017, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.
7. vědecké publikace k problematice životního cyklu produktu

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Vávra, Ph.D.**
Katedra ekonomiky a managementu chemického
a potravinářského průmyslu

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. července 2021**

L.S.

Ing. Petr Kalenda, Ph.D.
děkan

Ing. Jan Vávra, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2021

Prohlašuji:

Práci s názvem Chemistry 4.0 – Smart Manufacturing v chemických podnicích jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 20. června 2022

Lucie Tykvanová v. r.

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu práce Ing. Janu Vávrovi, Ph.D. za jeho spolupráci, cenné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce.

Anotace

Tato bakalářská práce je zaměřena na problematiku Průmyslu 4.0 a jeho výrobu v podnicích chemického průmyslu. V teoretické části jsou popsány klíčové pojmy Průmyslu 4.0, charakteristika Smart Factory a přístupy technologií pro chytrou výrobu. Praktická část této práce se zaměřuje na vnímání konceptu Průmyslu 4.0 a stavu implementace technologií ve vybrané společnosti.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, Digitalizace, Smart Factory, Smart Manufacturing

Title

Chemistry 4.0 – Smart Manufacturing in chemical factories

Abstract

The thesis is focused on problematics of the Factory 4.0 and the manufacturing in chemical industry. The theoretical part address terminology, main aspects, approaches and technologies that are leading the factories to smart manufacturing. The practical part focuses on the perception of the Industry 4.0 concept and the condition of technology implementation in a selected company.

Keywords

Industry 4.0, Digitization, Smart Factory, Smart Manufacturing

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	9
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	10
ÚVOD	11
1 INDUSTRY 4.0	12
1.1 Vývoj průmyslu	12
1.2 Charakteristika Průmyslu 4.0	13
1.3 Digitalizace jako hnací motor Průmyslu 4.0	14
2 SMART FACTORY	19
2.1 Charakteristika Smart Factory	19
2.2 Faktory pro implementaci Smart Factory	20
2.3 Predictive Maintenance	22
3 SMART MANUFACTURING	24
3.1 Internet of Things	24
3.1.1 Architektura IoT	25
3.1.2 Bezpečnost IoT	27
3.2 Big Data	27
3.3 Digital Twin	30
3.4 3D tisk	31
3.5 Virtuální a rozšířená realita	33
3.6 Ideální systém Smart Factory	34
4 ZPRACOVÁNÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI	36
4.1 Představení společnosti	36
4.2 Výsledky výzkumu	37
4.2.1 Strategie koncernu v souvislosti s Průmyslem 4.0	37
4.2.2 Důvody implementace prvků Průmyslu 4.0 v praxi	38
4.2.3 Využití technologií Průmyslu 4.0	39

4.2.4	Kybernetická bezpečnost	42
4.2.5	Údržba a prediktivní údržba	42
4.2.6	Pracovní síla v souvislosti s přechodem na Průmysl 4.0	43
4.2.7	Vliv pandemie Covid-19 na výrobu.....	44
4.3	Zhodnocení a doporučení na základě provedeného výzkumu	44
	ZÁVĚR.....	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
	SEZNAM PŘÍLOH.....	54

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Průmyslové revoluce	12
Obrázek 2 Třívrstvá architektura IoT	26
Obrázek 3 Pyramida 5V Big Data	28
Obrázek 4 Princip Digital Twin	31
Obrázek 5 Postup 3D tisku	32
Obrázek 6 Koncept Smart Factory	35

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

APS Advanced Planning System

CAD Computer Aided Design

CPS Kyberneticko-fyzikální systémy

ERP Enterprise Resource Planning

ID Identifikační číslo

IoT Internet věcí

IT Informační technologie

KPI Klíčové ukazatele

MES Manufacturing Execution System

PM Prediktivní údržba

STL Stereolitografie

ÚVOD

Průmysl prochází významným procesem transformace způsobeným zaváděním nových technologií do výroby. Výroba by měla být automatizovaná, robotizovaná a především digitalizovaná. Současná průmyslová revoluce přichází se strategií, jak využít příležitosti k digitalizaci všech fází systémů výroby a služeb. V souvislosti s tím vznikají tzv. chytré továrny, které tvoří základ Průmyslu 4.0. Účelem celé této transformace je nejen zvýšení efektivity a produktivity zdrojů, ale i konkurenceschopnosti společností.

Cílem práce je na základě výzkumu ve vybraném podniku zjistit stav implementace prvků a technologií Průmyslu 4.0, zhodnotit současný stav implementace a případně navrhnout vhodná doporučení v souvislosti s budováním Průmyslu 4.0 v budoucnosti, pro samotný zvolený podnik i pro průmyslová odvětví.

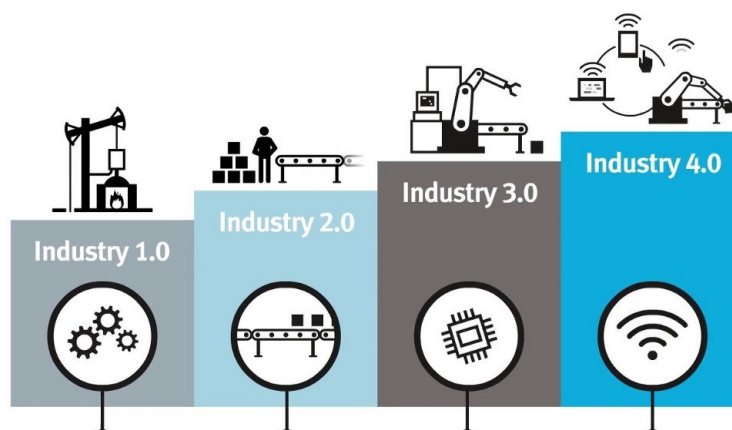
Teoretická práce vymezuje základní definice Průmyslu 4.0 a soustředí se na výzvy a změny, které s sebou tento koncept přináší. První kapitola se věnuje charakteristice Průmyslu 4.0, digitálním technologiím a různým přístupům k jejich využívání. V souvislosti s tím je také zmíněn pojem digitalizace, která je považována za nedílnou součást Průmyslu 4.0. V návaznosti na digitalizaci se práce ve druhé kapitole věnuje popisu a fungování digitální továrny, označované jako Smart Factory. Poslední kapitola teoretické části je zaměřena na chytrou výrobu - Smart Manufacturing, která zvyšuje flexibilitu procesů ve výrobě. V kapitole jsou představeny vybrané technologie, jako IoT, Big Data, Digitální dvojče, Virtuální a rozšířená realita a 3D tisk, které pomáhají budovat Smart Factory.

Praktická část práce se zabývá zjištěním stavu implementace konceptu Průmyslu 4.0 ve vybraném podniku. Výzkum byl v podniku prováděn na základě dotazování s osobami odpovědnými za digitalizaci podniku. Předmětem dotazování bylo zjistit, zda má podnik povědomí o konceptu Průmyslu 4.0, jaké jsou jeho přístupy k tomuto konceptu a jaká je míra využití prvků a technologií. V rámci dotazování byla soustředěna pozornost také na lidský faktor, jeho role a povinnosti v souvislosti s digitální transformací. Jelikož byla práce zpracovávána v období pandemie Covid-19, byly součástí dotazování i otázky směřující k dopadu této pandemie na výrobu v podniku.

1 INDUSTRY 4.0

1.1 Vývoj průmyslu

Vědecký a technický vývoj lze rozdělit do několika etap, které byly obvykle zahájeny pomyslnou vědecko-technickou revolucí. Symbolem první průmyslové revoluce se stal parní stroj představený Jamesem Watterem, a cílem všeho bylo především vyrobit větší množství produktů formou hromadné výroby. Ve druhé revoluci se v souvislosti s čím dál širším využíváním elektrické energie začalo hovořit o efektivitě a procesech, které pomohou zjednodušit a zrychlit samotnou výrobu. Třetí revoluce se nejčastěji spojuje s využitím prvního programovatelného logického automatu.¹ V této chvíli se do popředí zájmu dostává zákazník a jeho požadavky, tzn. vyrobit to, co zákazník v danou chvíli chce koupit. Poslední a současnou revoluční změnu v průmyslu charakterizujeme jako spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality. Jádrem tohoto rozvoje průmyslu je internet věcí, který umožňuje propojení strojů, produktů, systémů a lidí. To s sebou přináší významné interakce těchto systémů se světem sociálním.² Každá revoluce představuje zásadní změnu, kterou je posun vývoje, a zároveň představuje větší komplexnost. Právě poslední změny v rozvoji průmyslu lze považovat za technologicky nejsložitější. Hovoříme o tzv. čtvrté průmyslové revoluci, pro kterou se též ustálil termín Průmysl 4.0. Vývojové milníky průmyslových revolucí ilustruje následující obrázek.



Obrázek 1 Průmyslové revoluce³

Transformace průmyslu na Průmysl 4.0 je v současnosti vysoce aktuálním tématem pro další konkurenceschopnost podniků.

¹ SIEMENS: *Průmysl 4.0*. Siemens [online]. 2016 [cit. 2020-09-25].

² Ministerstvo průmyslu a obchodu: *Iniciativa Průmysl 4.0* [online]. 2017 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

³ Momentum, LLC. *The Evolution of Industry 1.0 to 4.0* [online]. In: 2019 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.seekmomentum.com/blog/manufacturing/the-evolution-of-industry-from-1-to-4>

1.2 Charakteristika Průmyslu 4.0

Průmysl je významnou součástí ekonomiky produkující hmotné zboží. Od začátku industrializace vedly technologické skoky k posunům modelů a vzorců chování, (tzv. paradigmatům), které představují průmyslové revoluce. Čtvrtá průmyslová revoluce je definována jako nová úroveň organizace a kontroly nad celým hodnotovým řetězcem životního cyklu produktů.⁴ K novému a velmi zásadnímu posunu vede kombinace internetových technologií a technologií orientovaných na budoucnost v oblasti „polointeligentních“ objektů, kterými mohou být stroje, zařízení či produkty. Podle společnosti Siemens, která je v oblasti Průmysl 4.0 považována za průkopnickou instituci, vize budoucí výroby obsahuje modulární a efektivní výrobní systémy a charakterizuje scénáře, ve kterých produkty řídí svůj vlastní výrobní proces. Výrobek by si měl od samého počátku výroby s sebou nést svůj vlastní tzv. digitální rodokmen – informaci o použitém materiálu, čase zahájení výroby, průběhu zpracování, či o podmínkách, které během výroby nastaly, nebo kdo na výrobku pracoval. Dále pak o následné distribuci až k zákazníkovi.⁵

Podle Kocha, Průmysl 4.0 vystihuje současný trend směrem k plně propojenému a automatizovanému výrobnímu systému. Transformuje výrobu ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná automatizovaná a průběžně optimalizovaná výrobní prostředí. Jeho úkolem je zdůraznit end-to-end digitalizaci veškerého fyzického majetku a integraci do digitálních systémů. Odkazuje se tedy na další vývojový krok v organizaci a řízení celého procesu hodnotového řetězce zapojeného do zpracovatelského průmyslu. Vznik nových globálních sítí založených na propojení výrobních zařízení do kyberneticko-fyzikálních systémů se stává základním prvkem takzvaných chytrých továren, které monitorují jak fyzické procesy, vytváří virtuální kopii fyzického světa, a napomáhají tak činit decentralizovaná rozhodnutí.⁶

Buhr vnímá Průmysl 4.0 následovně: „*Průmysl 4.0 se týká digitalizace průmyslové výroby. Celý koncept představuje vizi tzv. „smartfactory“ neboli chytré továrny, kterou charakterizuje kompletní internetové propojení všech částí výroby a výrobních procesů, kdy dochází ke kontrole v reálném čase za pomoci informačních a komunikačních technologií. Dochází k nárůstu využívání robotů, kteří se sami kontrolují a také dochází k vývoji, který by se měl*

⁴ Vše o průmyslu: *Průmysl 4.0* [online]. 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/prumysl-4-0.html>

⁵ SIEMENS. Průmysl 4.0: *Digitalizace v průmyslové výrobě*. Siemens[online]. Česká republika, 2016 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/prumysl40/>

⁶ KOCH, Volkmar, Reinhard GEISSBAUER, Simon KUGE a Stefan SCHRAUF. *Industry 4.0: Opportunities and Challenges of the Industrial Internet* [online]. 2014 [cit. 2020-09-25]

podílet na zlepšení produktivity díky efektivnímu využívání zdrojů. Průmysl 4.0 však nepostihuje jen oblasti průmyslové výroby, avšak zasahuje také ekonomiku a sociální život jako celek.“⁷

Mařík k tomu dodává: „*Čtvrtá průmyslová revoluce nepřináší zásadní změny pouze v oblasti průmyslové výroby. Ta je sice středem její pozornosti, neboť je na potřebné a přirozené změny nejlépe připravena, přesah čtvrté průmyslové revoluce je však mnohem širší. Jde o zcela novou filosofii přinášející celospolečenskou změnu a zasahující řadu oblastí od průmyslu, přes oblast technické standardizace, bezpečnosti, systému vzdělávání, právního rámce, vědy a výzkumu až po trh práce nebo sociální systém.“⁸*

Všechny výše zmíněné názory poukazují na komplexnost problematiky a široký zásah, který neovlivňuje pouze výrobu a průmysl, ale dotýká se využití technologií v běžném životě.

1.3 Digitalizace jako hnací motor Průmyslu 4.0

Často zmiňovaným trendem spojeným s Průmyslem 4.0 je digitalizace, která je Tomkem označována za jednu z nejdůležitějších a nejvlivnějších procesů zavádění využívání digitálních technologií v poslední době.⁹ Podstatou digitalizace je získávání, uchovávání a zpracování dat v digitální podobě. Rychlý pokrok ve výrobních technologiích a aplikacích v průmyslových odvětvích pomáhá zvyšovat produktivitu. Čtvrtá průmyslová revoluce je zaměřena na stále více individualizované požadavky zákazníků, což vyžaduje přísnou integraci člověka do výrobního procesu tak, aby se neustále zlepšoval a zaměřoval se na činnosti s přidanou hodnotou. Dodavatelské řetězce proto musí pružně reagovat na širokou škálu požadovaných množství, plnit krátké dodací lhůty, vytvářet vysoce inovativní produkty a splňovat velmi vysokou úroveň služeb.¹⁰

Digitalizace by měla podnikům přinést zkrácení času uvedení nového produktu na trh, a současné umožnění rozsáhlejší diversifikace produkce dle potřeb zákazníků, a to vše s vyšší úsporou materiálových zdrojů.¹¹ Digitalizace vyžaduje detailní znalost a porozumění interním

⁷ BUHR, Daniel. *Social innovation policy for Industry 4.0* [online]. Bonn: Friedrich Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies, © 2015 [cit. 2020-09-25]. ISBN 978-3-95861-161-0. Dostupné z: <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/11479.pdf>

⁸ MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

⁹ TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Půhonice: Professional Publishing, 2017, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.

¹⁰ MAŘÍK, Vladimír a kol. *Národní iniciativa Průmysl 4.0* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, září 2015, [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/61309/637547/priloha001.pdf>

¹¹ SIEMENS. *Průmysl 4.0: Digitalizace v průmyslové výrobě* [online]. 2020 [cit. 2020-12-02]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/prumysl40/>

výrobním a logistickým procesům. Není však možné měnit a transformovat proces s cílem získat větší efektivitu pokud odborník na digitalizaci nemá patřičné technické znalosti nebo nevede odborně znalostně připravený tým, který rozumí problematice výroby a logistiky do hloubky. Než se bude práce následně detailně věnovat jednotlivým prvkům a podstatě digitalizace samotné, je vhodné uvést, co vede výrobní firmu k tomu, aby přistoupila k digitální transformaci.¹²

- **Zlepšení procesu**

Cílem je implementovat systémy, které se budou samy přizpůsobovat podle změn v továrně a budou mít kontrolu nad plánováním, řízením a dohledem nad celým výrobním procesem. Dle společnosti Siemens budou procesy fungovat jako „samoorganizující“ (self-organizing) se „internety věcí“ – tento termín bude představen v kapitole 3.1.¹³ Očekávaným výsledkem jsou správně nastavené a efektivní procesy, ale především také snížení počtu chyb. Klíčovou inovací v této oblasti je například prediktivní údržba.

- **Vylepšení práce a pracovního prostředí**

Hlavním úkolem je zvýšit bezpečnost, ergonomii a účelnost. Náročnější a nebezpečné aktivity budou vykonávat primárně robotizované systémy. Člověk, který pracuje v náročných podmínkách, je vystaven psychické i fyzické zátěži najednou a jeho pracovní podmínky mohou být robotizací doplněny tak, že nebude ohroženo zdraví pracovníka, jeho psychická pohoda, bezpečnost a především bude optimálně nastavena výkonnost.

- **Vertikální integrace**

Data z výroby jsou sbírána za pomoci technologií senzorů a v reálném čase přenášena do dalších softwarových nástrojů firmy. Vysoká míra propojení dat přináší výhody při implementaci různých simulačních softwarových nástrojů, které např. dokážou nabídnout možnost přesnějšího plánování. Ke splnění těchto úkolů lze využít systémy jako Internet of Things a Digital Twin, které budou blíže popsány v kapitole 3.

¹² LIERE-NETHEREL, Kirsten, Sven PACKMOHR a Kristin VOGENSANG: *Drivers of Digital Transformation in Manufacturing* [online]. 2018, 2018 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/Drivers_of_Digital_Transformation_in_Manufacturing.pdf

¹³ SIEMENS: *Továrny budoucnosti: Továrny na informace* [online]. In: 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/tovarny-budoucnosti-tovarny-na-informace>

- **Podpora digitální transformace z vedení společnosti**

Samotné slovo transformace znamená, že se jedná o postupnou přeměnu, přetvoření. Digitální transformace představuje dlouhodobý proces, a z tohoto důvodu musí být rozhodně zakomponována do strategických cílů společnosti. Je v tomto případě nezbytné, aby digitální transformace byla součástí vize a klíčových ukazatelů (KPI) společnosti. Dá se očekávat, že významnější posun v oblasti digitalizace a aktivního využívání technologií přinese nová generace vyššího a středního managementu.¹⁴

- **Horizontální integrace**

Horizontální integrací je myšleno softwarové propojení různých informačních systémů a obchodních procesů tak, aby byla zajištěna úzká návaznost na dodavatelsko-odběratelské řetězce. Jedná se o výměnu informací mezi podniky, např. o stavu zásob materiálu, spotřebě energie, stavu zakázky atd. Digitalizace do oblasti sdílení informací přináší zcela nový pohled, a především otevřenost a transparentnost zajištěnou pomocí různých softwarových platform. Nejčastěji se jedná o využití cloudové infrastruktury pro uložení a rychlou výměnu informací.

- **Udržitelnost nákladů**

Hovoříme-li o významných změnách, často jsou spojovány právě s motivem snížení výrobních nákladů. Digitalizace v tomto směru přináší pomoc při sledování realizace procesů v praxi (reálných procesů), u kterých mnohdy nelze doložit, zda a jak kvalitně jsou skutečně realizovány odpovědnými pracovníky, kdy již z podstaty procesů nelze mnohdy nastavit efektivní kontrolní mechanismy tak, aby byly procesy přesně dodržovány. K tomu je důležité dodat, že současný proces je především řízen člověkem.¹⁵ Digitalizace přináší nový rozměr, a to v podobě programového řízení výroby a rozhodování se na základě získaných dat a informací. Samotná digitalizace je klíčová pro hledání úspor a efektivitu na začátku, kdy společnost s digitalizací začíná. Jakmile jsou procesy již digitalizovány, stává se hlavním cílem uspořít výrobní či transportní operace a nastupuje tak další fáze, která směřuje k částečné či úplné automatizaci. Úspora materiálů, času a energií pak získává nový rozměr. Není to jen o důsledném dodržování předepsaných činností, ale o neustálém hledání cest k vyšší efektivitě a dosažení co nejnižších nákladů.

¹⁴ Hartmut Hirsch-Kreinsen. Digitization of industrial work: *development paths and prospects* [online]. In: 2016 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/Hirsch-Kreinsen2016_Article_DigitizationOfIndustrialWorkDe.pdf

¹⁵ Key drivers of digital transformation in manufacturing: *How industry trends are making companies think digitally* [online]. 2019 [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://rsmus.com/what-we-do/industries/industrials/key-drivers-of-digital-transformation-in-manufacturing.html>

- **Transparentnost zákazníka**

Zákazník v 21. století si zvykl ve svém běžném životě používat technologie. Díky dynamice obchodu, kterou přinesl například rychloobrátkový či internetový prodej, zákazník očekává, že o své objednávce bude dostatečně informovaný. Dá se předpokládat, že tyto nároky porostou. U některých výrobních podniků se stalo běžným standardem, že předávání informací o kvalitě, způsobu výroby či její rychlosti je nezbytnou podmínkou pro odběratelsko-dodavatelský vztah.¹⁶

- **Legislativní nařízení**

Oblast digitalizace je významně ovlivněna regulacemi a nadnárodními či vládními nařízeními. Problematice digitalizace a Průmyslu 4.0 je věnována velká pozornost jak na úrovni Evropské unie, tak i v rámci národních hospodářských politik. V tomto ohledu je nutné zajistit, aby právní předpisy byly v souladu s technologickým vývojem. Právní stránka musí zahrnovat i aspekty jako například: ochrana osobních údajů, používání dat v průmyslových a obchodních vztazích a přístup k těmto datům, bezpečnost a odpovědnost při využívání IoT systémů nebo například dronů.¹⁷ K podpoře inovací také slouží nejrůznější dotační programy a projekty. V rámci Evropské unie je však kromě opatření a nařízení zřízena i řada podpůrných iniciativ, které podporují výrobní firmy, univerzity a spolupracující společnosti k tomu, aby vytvářely produktové inovace a služby s přidanou hodnotou.

- **Podpora ze strany zaměstnanců**

V souvislosti s digitalizací a pracovní silou se často hovoří o nutném nástupu nové pracovní třídy, která bude stát na pomezí dnešních čistě manuálních pracovníků a inženýrských pozic. Tito pracovníci budou muset chápat vzájemné provázání systémů. Digitalizace má vliv nejen na jejich práci, ale také na vzdělávání, způsob předávání informací, hodnocení a další.¹⁸

Jak vyplývá z uvedených okolností, které souvisí s digitalizací průmyslu, je zjevné, že budování Průmyslu 4.0 se stalo globálním trendem, a řada dodavatelů technologií nabízí svá řešení právě pod hlavičkou zmíněných trendů. Moderní technologie pomáhají budovat okamžitou návaznost na obchodní modely, a hlavně na přímou komunikaci s koncovým zákazníkem. Souhrnem této

¹⁶ *The 5 key drivers of digital transformation today* [online]. 2017 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.cio.com/article/3198121/whats-now-in-digital-transformation.html>

¹⁷ *Key drivers of digital transformation in manufacturing: How industry trends are making companies think digitally* [online]. 2019 [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://rsmus.com/what-we-do/industries/industrials/key-drivers-of-digital-transformation-in-manufacturing.html>

¹⁸ LIERE-NETHERELE, Kirsten, Sven PACKMOHR a Kristin VOGENSANG: *Drivers of Digital Transformation in Manufacturing* [online]. 2018 [cit. 2020-09-25].

Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/Drivers_of_Digital_Transformation_in_Manufacturing.pdf

kapitoly lze potvrdit, že výrobní podnik by měl v budoucím konkurenčním prostředí vyrábět efektivně, přesně, rychle a bez chyb, a v důsledku toho být schopen dodat zákazníkovi produkt, který očekává ve správném čase a za oboustranně příznivou cenu.

Následující kapitola se právě proto zaměřuje na fungování výrobních systémů, které mohou splnit uvedené požadavky a jsou obecně označovány jako Smart Factory - inteligentní továrny.

2 SMART FACTORY

Obsah pojmu Smart Factory lze chápat jako plně propojený a automatizovaný výrobní systém, který plní očekávání zákazníků a reaguje na jejich stále diferencovanější nároky.¹⁹ Pro splnění diferencovanějších potřeb a nároků zákazníků je třeba zajistit flexibilní produkci, a to i při objemu jediné výrobní dávky, při které je nutná nová automatizace zavedením metod vlastní optimalizace, autodiagnostiky, poznávání a inteligentní podpory pracovníků v jejich stále složitější práci. To vše by měla zabezpečit inteligentní továrna neboli Smart Factory, která je považována za základ Průmyslu 4.0.²⁰

2.1 Charakteristika Smart Factory

Smart Factory si lze představit jako vysoce digitalizovaný výrobní celek, který nepřetržitě shromažďuje a sdílí data prostřednictvím senzory propojených strojů, zařízení a výrobních systémů.²¹ Výrobní zařízení „smart“ továren jsou vybavena senzory pro přenos dat a autonomními systémy pro autonomní řízení. Inteligentní továrna představuje decentralizovaný výrobní systém, ve kterém spolu stroje, procesy, lidé a zdroje komunikují v reálném čase, a neživé prvky - stroje a zařízení mohou samostatně ovlivňovat zlepšování procesů prostřednictvím vlastní optimalizace a autonomního rozhodování. To umožňuje právě propojení všech chytrých zařízení a datově řízené rozhodování na úrovni organizace. Základ chytré továrny tvoří kyberneticko-fyzikální systémy (Cyber-Physical Systems - dále jen CPS), které primárně vycházejí ze síťového propojení a interakce výpočetních a fyzických jednotek. Cílem CPS je rozvíjet procesy, síť a technologie tak, aby byly maximálně integrované. Je důležité zmínit, že CPS představuje širokou škálu různých zařízení. Nad hardwarovou (fyzickou) vrstvou fungují softwarové komponenty, které mohou pracovat v různých prostorových a časových režimech.²²

Cílem inteligentní továrny je mít plnou kontrolu nad výrobním procesem a vyráběným výrobkem. V inteligentní továrně mají zodpovědné osoby přístup k produkčním datům

¹⁹ HERRMANN, Frank. *The Smart Factory and It's Risks* [online]. In: 2018, 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-8954/6/4/38>

²⁰ SIEMENS: *Novinky a trendy v oblasti automatizace a digitalizace průmyslové výroby*. Siemens: Novinky a trendy v oblasti automatizace a digitalizace průmyslové výroby [online]. 2018, 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.industryforum.cz/chcete-zazit-prumysl-4-0-v-praxi-prijdte-do-digitalni-areny>

²¹ TULIP: *What is a Smart Factory* [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you>

²² HERRMANN, Frank. *The Smart Factory and It's Risks* [online]. In: 2018, 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-8954/6/4/38>

v reálném čase a na jejich základě mohou optimalizovat procesy, cíleně se zaměřovat na kontinuální zvyšování efektivity, snižování odpadů, prostojů a spotřeby elektrické energie.

Další výhodou inteligentní továrny je příležitost zvýšit konkurenceschopnou pozici na trhu, a to díky rychlejšímu, efektivnějšímu a úspornému řízení výroby.²³

Podle Shia a kol. je realizace Smart Factory cestou, která začíná přesným definováním cílů, výzev a očekávaných výsledků. Cesta k budování Smart Factory začíná sběrem dat, jejich následným zpracováním a uložením. Dalším logickým postupem je data analyzovat a transformovat je do informací, přičemž zodpovědné osoby musí umět tato data a informace číst. Porozumět datům, datovým analýzám a procesům je nezbytným požadavkem pro udržitelný vývoj Smart Factory.²⁴

2.2 Faktory pro implementaci Smart Factory

V této podkapitole budou představeny faktory, které by měly být při implementaci chytré továrny zohledněny. Podle Hermanna se jedná o modularitu, interoperabilitu, decentralizaci, virtualizaci a schopnost reagovat na podněty v reálném čase.²⁵

Modularita

Modularita je schopnost měnit komponenty a kombinovat různé moduly v systému. Modulární zařízení nebo systémy se skládají z několika částí, které slouží dílčím funkcím. Jednotlivé funkce se mohou do výrobního systému kombinovat, měnit či odebírat. Inteligentní továrna by měla mít vysokou modularitu umožňující rychlou změnu nastavení na základě autonomní integrace modulů, které mohou být dodávány i zcela odlišnými dodavateli. Vysoká míra modularity systému umožňuje schopnost systému v reálném čase reagovat rychle na měnící se požadavky zákazníků a zajistit pružnou diversifikaci výrobního programu.

Interoperabilita

Interoperabilita je schopnost elektronického propojení a vzájemné komunikace různých objektů (např. hardware, software) na základě kyberneticko-fyzikálních systémů. Všechny prvky

²³ SHI Z, XIE Y, XUE W, CHEN Y, FU L a XU X. *Smart factory in Industry 4.0* [online]. 2020 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sres.2704>

²⁴ SHI Z, XIE Y, XUE W, CHEN Y, FU L a XU X. *Smart factory in Industry 4.0* [online]. 2020 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sres.2704>

²⁵ HERMANN, Mario, Tobias PENTEK a Boris OTTO. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios* [online]. In: 2015 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7427673>

průmyslového internetu věci by měly být schopny se jednoduše integrovat s jinými systémy a vzájemně si vyměňovat data.

Decentralizace

Decentralizace je schopnost delegovat pravomoc a s tím související odpovědnosti z nadřazených složek systému na podřízené. Decentralizace spočívá v zavedení automatizačních systémů, které realizují samoregulační výrobu. Stroje, zařízení a další prvky tedy fungují relativně autonomně a navzájem spolu komunikují dle potřeby. Díky decentralizaci mohou jednotlivé prvky (stroje, zařízení, lidé, produkty) automatizovat činnost nebo proces bez nutnosti zásahu člověka nebo jakékoli centrální řídicí jednotky. To směřuje ke zvyšování efektivity a optimalizaci výroby.²⁶

Virtualizace

Virtualizace vytváří simulované výpočetní prostředí, kdy je fyzický systém namodelován do digitalizované (virtuální) formy, se kterou je následně možné pracovat přes IT rozhraní. Fyzické prvky výrobního systému je možné rozdělit na několik virtuálních prostředí, ve kterých je možné simulovat změny, optimalizovat, testovat, instalovat různé operační systémy a aplikace, aniž by bylo nutné fyzicky systém měnit a investovat do hmotných aktiv. Virtualizací je tak umožněno jednak pracovat efektivně s fyzickými zdroji, a rovněž zjednodušit samotnou správu fyzických zařízení.

Schopnost reagovat na podněty v reálném čase

Jedná se o schopnost systému reagovat na důležité změny v systému okamžitě, např. na změny v požadavcích zákazníků nebo stav interního produkčního systému (např. poruchy a selhání zdrojů). Aby systém reagoval na požadavky zákazníků okamžitě, je třeba k informacím přistupovat a analyzovat je v reálném čase. Systém prozkoumá možnost splnění požadavků pomocí stávajících zdrojů a v případě nutnosti provede rekonfiguraci, k jejímuž případnému provedení je potřeba systém s dostatečným stupněm modularity. Reakce na změny, monitorování a ovládání by měly být v reálném čase a poruchy by měly být detekovány včas.²⁷

28

²⁶ ANATOMIE INTELIGENTNÍHO PRŮMYSLU: AIOT A AUTONOMIZACE [online]. 2019 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.anasoft.com/emans/cz/home/Novinky-blog/Blog/Anatomie-inteligentniho-prumyslu-AIoT-a-autonomizace>

²⁷ HERRMANN, Frank. *The Smart Factory and Its Risks* [online]. In: 2018, 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-8954/6/4/38>

²⁸ MARCOŇ, Petr. *Průmysl 4.0: Industry 4.0* [online]. 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: http://www.utec.feec.vutbr.cz/iet/wpcontent/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf

2.3 Predictive Maintenance

K tomu, aby byla výroba bezpečná a zároveň schopna produkovat požadované výrobky v odpovídající kvalitě a množství, je nezbytně nutné provádět kromě modulárního autonomního přenastavení i údržbu.²⁹ V rámci kontinuální výroby, která je typická pro chemický, potravinářský či automobilový průmysl je důležité věnovat pozornost technickému stavu strojů a zařízení.

V současné době je údržba rozdělena na reaktivní, preventivní a prediktivní údržbu. Reaktivní údržba se řídí jednoduchou filozofií: oprava se provádí až po poruše stroje. To není rozumné, jelikož to vede k významným ekonomickým ztrátám způsobeným opravami zařízení a odstávkami jiných výrobních zařízení. Preventivní oprava je naopak zaměřena na opravu před selháním zařízení nebo rozbitím.³⁰ Jednou z hlavních přidaných hodnot datové analytiky v Průmyslu 4.0 je prediktivní údržba - dále jen PM.

Již mnoho společností dnes chápe, že k zajištění stavu výrobního zařízení se nestačí spoléhat pouze na pravidelné kontroly, ale mohou k tomu také získávat data z počítačových systémů kontinuálního monitorování. Kvalitní software pro PM je jedinečný v tom, že využívá ověřené technologie testování jako jsou vibrační analýzy, analýzy tekutin, infračervené termografie, které jsou navrženy tak, aby aktivně monitorovaly podmínky zařízení. V ideálním případě je predikční systém schopen detekovat problémy, aby bylo možné zařízení před selháním včas vyměnit nebo opravit. Podstata PM tedy spočívá v předpovědi dispozičního života zařízení, tzn. jak dlouho a kolik hodin vydrží do poruchy, respektive do mezního stavu pro obnovu.³¹ Využití PM přináší i menší ztráty vzniklé například zastavením výroby či výpadkem zařízení, a minimalizuje tak náklady na výměnu a expresní údržbu.³² Mezi hlavní cíle, které zavedení PM přináší, můžeme zařadit následující:

- zajištění plynulosti provozu,
- plánování doby nutné odstávky s ohledem na délku trvání,
- plánování vhodného termínu odstávky,

²⁹ PINTELON, L.M. a L.F. GELDERS. *Maintenance management decisionmaking* [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/Maintenance_management_decision_making.pdf

³⁰ Journal of Applied Engineering Science: AN INFORMATION SYSTEM OF PREDICTIVE MAINTENANCE ANALYTICAL SUPPORT OF INDUSTRIAL EQUIPMENT [online]. In: 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1451-4117/2018/1451-41171804515V.pdf>

³¹ Vše o průmyslu: *Prediktivní údržba a inteligentní servis* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/inspirace/video/prediktivni-udrzba-a-inteligentni-servis.html>

³² LEGÁT, V. *Asset management – management majetku a jeho údržby*. [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/asset-management-management-majetku-a-jeho-udrzby/>

- snížení finančních nákladů při výpadku

Existuje mnoho směrů, jak začít s budováním Smart Factory a vždy závisí na konkrétních podmínkách a počáteční úrovni digitalizace výroby, a především však na proaktivním přístupu managementu. Ideálním přístupem je vybudovat celý výrobní proces komplexní změnou podél celého výrobního procesu. Tento přístup poskytuje většinu výhod digitalizace výroby, protože umožňuje vybudování provázané digitální koncepce, ucelené strategie, respektující požadavky bezpečnosti a rozvoj digitálního povědomí v celém výrobním procesu, popř. podniku. Takto pojatý proces transformace přináší řadu nových dovedností, a zároveň prosazuje inovace a podporuje nové příležitosti. Druhý přístup budování Smart Factory je častější, nicméně méně koordinovaný, a to především proto, že chybí jasná digitální strategie, v mnoha případech však i zdroje či ochota k radikálnějším změnám. Odpovědní pracovníci sice v reálném prostředí výroby zavádí nové technologie, většinou se však jedná o lokální inovace a zpravidla pouze kopírují již existující zkušenosti z jiných implementací. V těchto ad hoc řešeních často vstupuje management do spolupráce či partnerství s technologicky vyspělejšími společnostmi, které je následně obohacují praktickými zkušenostmi s využitím technologií. K procesu transformace do podoby Smart Factory tak dochází pomaleji a zpravidla bez náležitých synergických efektů, nicméně i tento přístup směřuje k efektivnějšímu využívání zdrojů a rychlejší reakci na požadavky zákazníků. Oproti tomu stále existuje řada výrobních podniků, která k digitalizaci přistupují velmi konzervativně. Vedení továren schvaluje pouze omezené množství iniciativ, které umožňují testovat a implementovat nové přístupy. Bez náležité podpory managementu se pak každý takový projekt jen zdlouhavě prosazuje až po samotnou aplikaci a rozšíření. Je zjevné, že podniky, které přistupují k procesu digitalizace, musí proto skutečně pojmout problematiku Smart Factory komplexně a strategicky.³³

Následující kapitola je věnována vybraným informačním technologiím, které napomáhají budovat inteligentní továrny.

³³ Capgemini. Smart Factories: *How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution* [online]. In: 2018 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/05/dti-smart-factories-full-report-rebranded-web-version_16032018.pdf

3 SMART MANUFACTURING

Smart Manufacturing lze chápat jako kontinuální proces, jehož primárním cílem je zvyšování efektivity ve výrobním systému. K tomu využívá počítačové řízení systémů, modelování, Big Data analýz, které budou představeny v kapitole 3.2 a dalších nástrojů pro automatizaci. Smart Manufacturing si klade za cíl využívání pokročilých informačních systémů a výrobních technologií za účelem větší flexibility fyzických procesů ve výrobě.³⁴ Protože je inteligentní továrna postavena hlavně na dostupnosti dat, je nutné, aby cílem Smart Manufacturing bylo také efektivně sbírat, zpracovávat, analyzovat a využívat velké objemy dat prostřednictvím řady technologií Průmyslu 4.0.

3.1 Internet of Things

Aby byla výroba digitalizovaná, a mohly vznikat chytré továrny, je zásadní propojení fyzického světa s digitálním. K tomu je potřeba nastavení komunikace, a to konkrétně propojení virtuální vrstvy s vrstvou fyzickou. Průmysl 4.0 využívá technologií digitalizujících fyzický svět, díky kterým dochází k propojení jednotlivých chytrých zařízení, jako jsou například chytré telefony, počítače, notebooky či tablety, a to bez přítomnosti člověka.³⁵ Hovoří se v této souvislosti o tzv. Internetu věcí (Internet of Things – dále jen IoT). Každý IoT objekt má vlastní software, senzory a především síťovou konektivitu (USB, WiFi, Bluetooth, Ethernet), díky kterým dochází ke sběru dat. Zařízení spolu mohou vzájemně komunikovat a přenášet smysluplné informace do systémů, které mohou být centralizované, ale i decentralizované. Vše je závislé na konkrétním výrobním systému a způsobu, jakým se pracuje s daty a pro koho jsou data důležitá. Zde se informace ze zařízení IoT dále zpracovávají a sdílejí pro další využití. Cílem IoT je propojit zařízení, systémy a služby za účelem poskytnutí více dat, která mohou být převedena na informace a informace na znalosti, které lze následně aplikovat. IoT systémy se tak mohou na základě získaných znalostí rozhodovat a autonomně provádět činnosti.³⁶

Podle Pohanky existuje velké množství definic, které charakterizují IoT. Jako jednu z nejužitečnějších definic uvádí: „*Internet věcí znamená síť propojených objektů (věcí), které jsou jednoznačně adresovatelné s tím, že tato síť je založena na standardizovaných*

³⁴ Ministerstvo průmyslu a obchodu: Iniciativa Průmysl 4.0 [online]. 2017 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

³⁵ Paul A aJeyaraj R. *Internet of Things: A primer* [online]. In: 2019 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hbe2.133>

³⁶ POHANKA, Pavel. *Internet věcí* [online]. 2020 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://pavelpohanka.cz/internet-of-things/>

komunikačních protokolech umožňujících výměnu a sdílení dat a informací, jejichž analýzou bude možné docílit vyšší přidané hodnoty.“³⁷

Každý z objektů IoT generuje obrovské množství dat, která jsou automaticky sbírána a zpracovávána. Tato data, označována také jako Big Data, jsou detailněji popsána v kapitole 3.2. Díky datové analýze lze detekovat odchylky i předcházet různým problémům, např. v průmyslu lze díky tomu odhadnout životnost a poruchovost strojů. Data mohou být ukládána na infrastrukturu, která je umístěna uvnitř továrny, nebo mohou být vzhledem k objemu těchto dat, bezpečnosti a dostupnosti umístěna mimo továrnu, a to například v Cloudu. Cloud představuje síť propojených počítačů po celém světě, která poskytuje kapacitní či úložný prostor. Pro uživatele Cloudu tak vzniká obrovská výhoda toho, že se o vlastní infrastrukturu počítačů a datově úložných systémů nemusí starat. Prostor v Cloudu si pouze pronajímá.³⁸

3.1.1 Architektura IoT

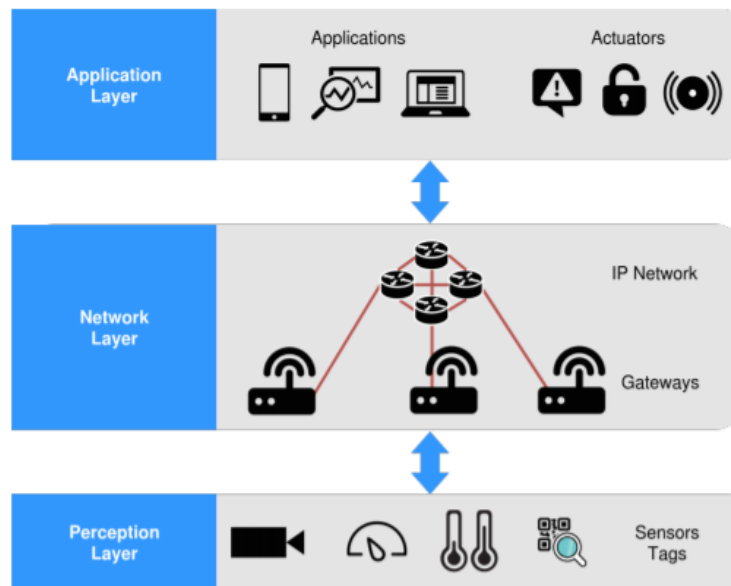
Obecně platí, že struktura IoT je nejčastěji vysvětlována prostřednictvím tzv. vrstev, třebaže se nejedná o jediný přijímaný „referenční“ model struktury IoT – v současné době existuje i několik odlišných architektur popisujících IoT. Oblast IoT v současné době objektivně patří mezi rychle rozvíjející se oblasti, a z toho důvodu není ustálený žádný koncept, který by byl obecným návodem pro budování základní architektury. Nicméně níže popsaná struktura je autorkou považována za vhodný model popisující přiléhavě podstatu IoT.

Všeobecně platí, že klíčovými prvky každé architektury IoT jsou (v kapitole 2.2 popsané) faktory: modularita a interoperabilita, ke kterým je přidána flexibilita, odolnost a nutnost zabezpečení mezi heterogenními zařízeními v IoT.

Obecně se hovoří o třívrstvé architektuře - viz následující obrázek 2, která se skládá z následujících vrstev: zařízení pro snímání (sběr dat), sítě a aplikací, popsaných Abdmeziemem a kol.

³⁷ POHANKA, Pavel. *Internet věcí* [online]. 2020 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://pavelpohanka.cz/internet-of-things/>

³⁸ Rascasone: INTERNET VĚCÍ (IOT): *DEINICE, PŘÍKLADY VYUŽITÍ, PRODUKTY* [online]. 2020 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/iot-internet-veci-definice-produkty-historie>



Obrázek 2 Třívrstvá architektura IoT³⁹

Snímací vrstva je považována za nejspodnější vrstvu architektury IoT. Tato vrstva zahrnuje fyzická zařízení nebo objekty, jako jsou například senzory, které monitorují stavy, získávají data a jsou vzájemně propojeny a vytváří síť.⁴⁰

Síťová vrstva je komunikačním prostředkem. Představuje ji komunikační síť propojená přes prvky infrastruktury IT. Mezi důležité faktory se řadí přenosová rychlost (tj. kolik informací je posíláno za časovou jednotku), komunikační vzdálenosti (např. některé technologie podporují pouze krátké přenosy dat do 10 metrů) a frekvence přenosů (jak často atd.). Nejdůležitějším úkolem této vrstvy je spolehlivé a rychlé doručení dat.⁴¹

Aplikační vrstva je nejvyšší vrstvou architektury IoT, která je viditelná pro koncového uživatele. Provádí funkce IoT na základě zpracovaných dat ze síťové vrstvy.⁴² Vrstva zajišťuje přenos datových výstupů ze síťové vrstvy do řady zařízení – aplikací. Pomocí výstupů mohou uživatelé získat přehled o monitorované oblasti, a mohou tak ovládat její vlastnosti v reálném čase.

³⁹ Mohammed RiyadhAbdmeziem, Djamel Tandjaoui a Imed Romdhani. *Architecting the Internet of Things: Stateofthe Art* [online]. 2015 [cit.2020-11-30]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/DraftBookChapter.pdf

⁴⁰ O. Vermesan, M. Harrison, H. Vogt, K. Kalaboukas, M. Tomasellali, K. Wouters, S. Gusmeroli a S. Haller. *Vision and challenges for realising the internet of things* [online]. In: .EuropeanCommissionInformation Society and Media, 2010 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <http://goo.gl/f37ZEJ>

⁴¹ O. Vermesan, M. Harrison, H. Vogt, K. Kalaboukas, M. Tomasellali, K. Wouters, S. Gusmeroli a S. Haller. *Vision and challenges for realising the internet of things* [online]. In: .EuropeanCommissionInformation Society and Media, 2010 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <http://goo.gl/f37ZEJ>

⁴² Gubta a Quamara. *Internet ofThings (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols* [online]. In: 2018 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cpe.4946>

Jako příklad lze uvést „chytré žárovky“ připojené přes Bluetooth technologii. Senzor detekuje sníženou úroveň přirozeného světla (snímací vrstva). Propojením s mobilním zařízením, například přes tablet nebo telefon, jsme schopni v aplikaci měnit intenzitu světla či čas pro rozsvícení a zhasnutí světel. Informace je předána přes chytré zařízení, například výše uvedený telefon, do síťové (komunikační) vrstvy. Autonomně dojde ke změně intenzity světla, nebo změně času pro rozsvícení či zhasnutí světel, což je řízeno prostřednictvím aplikační vrstvy.⁴³

3.1.2 Bezpečnost IoT

Se vzrůstajícím počtem zařízení připojených k internetu vzrůstá také možnost kybernetických hrozeb, které ohrožují výkon a bezpečnost zařízení a integritu dat IoT. Aby firmy ochránily své investice do IoT, soukromí svých zákazníků a všechna související data, musí zajistit, aby zabezpečení bylo nedílnou součástí IoT.⁴⁴ Zabezpečení IoT je samo o sobě výzvou z mnoha důvodů. Jelikož je vyvíjen obchodní tlak na výrobce a inovátory, aby rychle zaváděli nové produkty na trh, bezpečnost má často nižší prioritu. Jedním z přístupů k problému je zabezpečení samotných zařízení. Některá zařízení mohou například nepřetržitě pracovat bez dozoru, a přestože nemusí být neustále sledována, je třeba je zabezpečit. Kromě toho musí organizace také zajistit, aby i jejich sítě IoT byly zabezpečeny. Mechanismy řízení přístupu a silné ověřování uživatelů musí zajistit, aby přístup k rozhraní IoT mohli získat pouze oprávnění uživatelé. I když organizace nemusí být schopny eliminovat všechny útoky na IoT, mohou zavést proaktivní procesy, které zmírňují hrozby pro cenné systémy a data. Nové technologie, jako je Blockchain⁴⁵ decentralizují data, a tím přispívají k zabezpečení IoT zařízení. Organizace, které mají zajištěné zabezpečení IoT se budou moci soustředit zpět na primární záměry jako je optimalizace procesů, zlepšování kvality služeb, snížení nákladů a zlepšení zákaznické zkušenosti.

3.2 Big Data

Pod pojmem data si můžeme představit všechna fakta a čísla, která lze uložit nebo transformovat do digitálního formátu. Příkladem dat může být jakýkoliv text, číslo, obrázek či video uložené v telefonech, počítačích nebo serverech uživatelů. Jak již bylo zmíněno

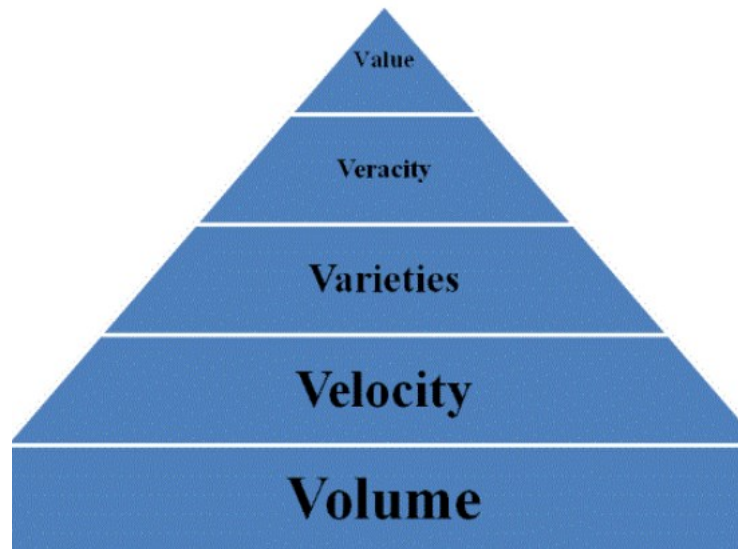
⁴³ O. Vermesan, M. Harrison, H. Vogt, K. Kalaboukas, M. Tomasellali, K. Wouters, S. Gusmeroli a S. Haller. *Vision and challenges for realising the internet of things* [online]. In: .EuropeanCommissionInformation Society and Media, 2010 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <http://goo.gl/f37ZEJ>

⁴⁴ Forcepoint: *IoT cybersecurity* [online]. 2020 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.forcepoint.com/cyber-edu/iot-cybersecurity>

⁴⁵ Blockchain je typ decentralizovaných databází, které uchovávají neustále rozšiřující se počet záznamů, a které jsou primárně chráněny proti kybernetickým útokům, DELOITTE. *Blockchain pro začátečníky* [online]. In: 2018 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/technology/Blockchain-pro-zacatecniky-Jan-Seidl.pdf>

v kapitole 1.3, Průmysl 4.0 je postaven hlavně na datech, respektive na velkém množství dat. Za takové množství dat jsou považována data v rozsahu petabytů a více, která díky své velikosti nelze zpracovávat a analyzovat tradičními nástroji.⁴⁶ Data takto rozsáhlých objemů informací, kterým se tato kapitola věnuje, oprávněně nesou označení Big Data.

Následující obrázek 3 znázorňuje jednu z charakteristik Big Data - 5V definici: Volume, Velocity, Variety, Veracity, Value.



Obrázek 3 Pyramida 5V Big Data⁴⁷

Volume (objem) je primárním znakem Big Data a představuje tak základ pyramidy. Podle společnosti Siemens dosáhl objem uložených digitálních dat v roce 2020 více než 40 zettabytů.⁴⁸ Rychle rostoucí objem dat je podporován provozem Cloud Computingu a IoT.

Velocity (rychlost) označuje rychlost, s jakou se data akumulují. To je způsobeno hlavně díky IoT, sociálním médiím a dalším.⁴⁹

Variety (rozmanitost) představuje různé datové typy. Na základě odlišných zdrojů generovaných dat se data dělí na strukturovaná, polostrukturovaná a nestrukturovaná.

⁴⁶ MAŘÍK, Vladimír a kol. *Národní iniciativa Průmysl 4.0* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, září 2015, [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/61309/637547/priloha001.pdf>

⁴⁷ GARG, Ankit. *Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education: Multidisciplinary Academic Research* [online]. 2019, 864 - 867 [cit. 2020-11-17]. ISSN 2230-7540. Dostupné z: <http://ignited.in/I/a/109799>

⁴⁸ SIEMENS. *The power of big data: Digital expertise that keeps your wind turbines turning* [online]. In: 2021. [cit. 2021-02-20]. Dostupné z: <https://www.siemensgamesa.com/explore/innovations/digitalization>

⁴⁹ About SuryaGutta - SoftwareArchitect | Machine Learning | Microservices | AWS: Data Science: The 5 V's of Big Data [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://suryagutta.medium.com/the-5-vs-of-big-data-2758bfcc51d>

- Strukturovaná data jsou organizovaná podle předem připravené datové struktury. Tato data mohou být snadno uložena v relační databázi. Příkladem může být bankovní výpis obsahující datum, čas, částku atd.
- Polostrukturovaná data se vyznačují tím, že nemají předem připravenou tabulkovou strukturu dat. U polostrukturovaných dat jsou důležité atributy řadící data do stejné třídy. Často se vyskytují v objektově orientovaných databázích. Příkladem mohou být soubory protokolu nebo data senzorů.
- Nestrukturovaná data jsou neorganizovaná a není je možné bez úpravy zpracovat do struktury řádků a sloupců relační databáze. Příkladem jsou textové soubory, obrázky, e-maily, videa, hlasové zprávy, zvukové soubory atd.⁵⁰

Veracity (věrohodnost) se odkazuje na to, že data uložená v databázi pocházejí z různých zdrojů, a tudíž mohou mít různou kvalitu, věrohodnost a přesnost. Nejdůležitějším úkolem společnosti je udržovat důvěryhodný zdroj, typ a zpracování dat.

Value (hodnota) představuje vrchol pyramidy velkých dat, a to především z toho důvodu, že samotná data hodnotu nepředstavují. Hodnotu dat vytváří až následné datové zpracování, jako například analýza a interpretace. Analýza dat pomáhá detekovat problémy, hledat způsoby jejich řešení, zajišťuje efektivnější výrobu a snižuje náklady.⁵¹

Zdrojem velkých dat mohou být například data ze senzorů sledujících výrobní proces, ale i sociální sítě nebo bezpečnostní kamery. V průmyslu slouží sběr, zpracování a interpretace těchto velkých dat především k optimalizaci výroby, služeb a distribuce.⁵² Pojem analýza velkých dat představuje různé postupy a nástroje, pomocí nichž lze získávat, třídít a analyzovat velké objemy dat a nacházet v nich souvislosti. To se provádí primárně za účelem selektivního získání požadovaných informací z obrovského množství dat.⁵³ Na základě analýzy dokáže podnik odhalit informace ukryté ve velkých datových souborech, které vznikají uvnitř i vně organizace. Umožňuje tak např. lépe porozumět svým zákazníkům, vyvíjet nové produkty, nebo

⁵⁰ About SuryaGutta - SoftwareArchitect | Machine Learning | Microservices | AWS: Data Science: The 5 V's of Big Data [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://suryagutta.medium.com/the-5-vs-of-big-data-2758bfcc51d>

⁵¹ GARG, Ankit. Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education: Multidisciplinary Academic Research [online]. 2019, 864 - 867 [cit. 2020-11-17]. ISSN 2230-7540. Dostupné z: <http://ignited.in/I/a/109799>

⁵² Ministerstvo průmyslu a obchodu: *Iniciativa Průmysl 4.0* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>

⁵³ GAUSS ALGHORITMICS S.R.O. *Analýza velkých dat*. Gauss algorithmic [online]. ©2018 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://www.gaussalgo.cz/analiza-velkych-dat/>

získat podklady pro důležitá finanční rozhodnutí. K analýze dat se využívá například nástrojů tzv. Business Intelligence.

„Business Intelligence = procesy, technologie a nástroje potřebné k přetvoření dat do informací, informací do znalostí, a znalostí do plánů, které umožňují provést akce podporující splnění primárních cílů organizace.“⁵⁴

3.3 Digital Twin

V dnešní době je před samotnou výrobou produkt navržen, testován a kalibrován ve virtuálním světě (viz pojem virtualizace zmíněný v kapitole 2.2). Tzv. kalibrace modelu zahrnuje vytváření a simulaci softwarových modelů budoucích produktů, což v konečném důsledku směřuje k vytvoření tzv. digitálního dvojčete (Digital Twin).⁵⁵ Digitální dvojče lze v podstatě chápat jako fyzický objekt (produkt, stroj, systém) zapsaný v počítačovém programu, který obsahuje reálná data o objektu, a zobrazuje tak jeho vývoj během celého životního cyklu, pomáhá předpovídat jeho chování a optimalizovat výkon na základě předchozích zkušeností z výroby. Představuje tak virtuálního dvojníka produktu, stroje, továrny nebo procesu a vzniká společně s jeho návrhem. Digitální dvojče využívají např. datoví analytici a profesionálové v oblasti IT ke spuštění simulací před vytvořením a nasazením skutečných zařízení.⁵⁶

Kromě funkcí, jako je jasně přiřaditelné ID, vyžaduje digitální dvojče tři rozlišné prvky: fyzický objekt, virtuální objekt a informace, které spojují tyto dva objekty. Fyzický objekt má senzory, které měří nejdůležitější data pro optimalizaci a virtuální objekt tato data ze sensorů přijímá k virtuální simulaci.⁵⁷ Simulace zachycuje, jak zařízení pracuje, jaká je jeho údržba nebo dokonce, jak se produkty, které zařízení vyrábí, týkají zákazníků. Tímto způsobem lze předem analyzovat pracovní procesy a zabránit zdrojům chyb nebo snížit opotřebení.

Díky digitálnímu dvojčeti dochází k zefektivnění procesu návrhu produktu a k eliminaci aspektů testování prototypů. Pomocí 3D simulací a rozhraní člověk-počítač, jako jsou rozšířená

⁵⁴ ARNOŠT, Daniel. *Business Intelligence: příručka manažera*. Praha: TATE International, 2007. Příručka manažera

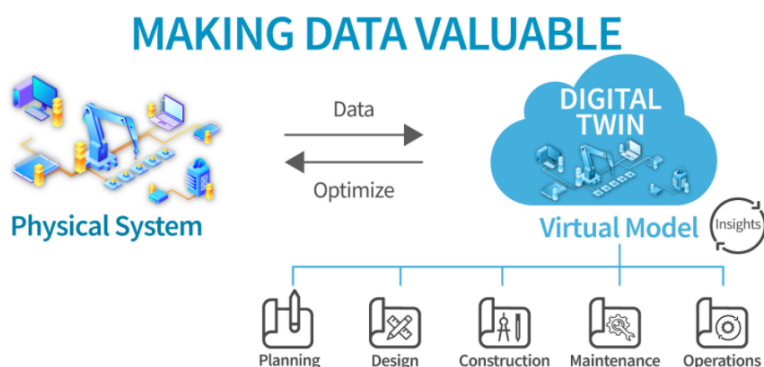
⁵⁵ SIEMENS. Digital Twins: *The Birth of Constant Optimization* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/digitaltwin/digital-twin.html>

⁵⁶ KODYM, KAVKA, TVRDOŇ a ČUJAN. *DIGITAL TWINS IN THE PRODUCTION ORGANIZATION* [online]. 2019 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://www.proquest.com/docview/2326848320?accountid=17239>

⁵⁷ TRIBUTECH. *The digital twin* [online]. 2019 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.tributech.io/the-digital-twin/>

a virtuální realita, lze určit specifikace produktu, tzn. jak bude postaven, s jakými materiály, a jak bude návrh odpovídat zvoleným parametrům, ale i příslušným normám a předpisům.⁵⁸

Obrázek 4 znázorňuje vlastnosti virtuálního modelu ve vztahu k fyzickému.



Obrázek 4 Princip Digital Twin⁵⁹

Kromě designu jsou digitální dvojčata připravena transformovat způsob, jakým společnosti provádějí v kapitole 2.3 zmíněnou prediktivní údržbu produktů a strojů v terénu.⁶⁰ Senzory zabudované do strojů přenášejí údaje o výkonu do digitálního dvojčete v reálném čase, což umožňuje nejen identifikovat a řešit poruchy dříve, než k nim dojde, ale také přizpůsobit plány služeb a údržby tak, aby lépe vyhovovaly jedinečným potřebám zákazníků.

3.4 3D tisk

Aditivní výroba, neboli 3D tisk je další z technologií Průmyslu 4.0, která přispívá ke změně výrobních postupů, a tím i k dosažení flexibilnějšího způsobu výroby. Jedná se o proces výroby, při kterém se za použití vhodného softwaru navrhne 3D model požadovaného výrobku v digitální podobě za účelem vytvoření fyzického objektu.⁶¹ Nejčastěji užívaným softwarem pro zhotovení takovéto digitální předlohy je CAD⁶² software. Vytvořený digitální model je poté exportován do formátu STL⁶³, na základě kterého je model rozdělen do jednotlivých tenkých vrstev tak, aby tiskárna vytvořila požadovaný tvar a k tomu nastavila rychlost a kvalitu tisku.

⁵⁸ DELOITTE. *Digital twins* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2020/digital-twin-applications-bridging-the-physical-and-digital.html>

⁵⁹ PLM-S: *Digital Twin* [online]. 2021 [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <https://plm-s.com/digitalisation/digital-twin/>

⁶⁰ DELOITTE. *Digital twins* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2020/digital-twin-applications-bridging-the-physical-and-digital.html>

⁶¹ SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0- 241-30075-6

⁶² computer-aided-design software zahrnující programy pro 3D projektování

⁶³ stereolitografie

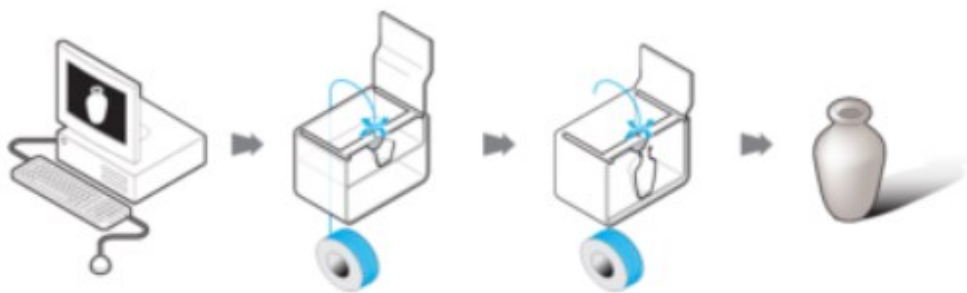
Důležitou komponentou pro 3D tisk je samotný materiál, ze kterého se tiskne. Nejvíce využívaným materiálem pro 3D tisk jsou konvenční termoplasty, keramika či kov.⁶⁴

Podle Baumerse a Holwega přijetí technologie 3D tisku umožňuje zrychlit uvedení produktu na trh, snížit náklady na budoucí produkt a častěji inovovat. Zároveň 3D technologie vytváří větší vliv na poptávku. Díky 3D tisku lze připravit prototyp produktu pro masovou výrobu, ale také lze uspokojit individuální potřeby. Zařízení 3D tisku jsou umístěna blíže ke spotřebiteli, a tím odpadají náklady na logistiku a další transakční náklady.⁶⁵ Logistika společností může lépe řídit celý proces a nabízet komplexnější služby od začátku do konce hodnotového řetězce.

Existuje ale také několik nevýhod přijetí této technologie ve zpracovatelském průmyslu. Shahrubudin a Ramlan podotýkají, že použití technologie 3D tisku sníží využití lidské práce, což automaticky výrazně ovlivní ekonomiku zemí, které se spoléhají na velký počet málo kvalifikovaných pracovních míst. Kromě toho mohou uživatelé pomocí technologie 3D tisku tisknout mnohé kontroverzní předměty, jako jsou zbraně, právně chráněné výrobky a další nebezpečné předměty.⁶⁶

Navzdory výtkám a námitkám se aditivní výroba stále více používá pro hromadnou výrobu rozličných typů návrhů, například z databází open source v oblasti zemědělství, zdravotnictví, automobilovém průmyslu, lokomotivě a leteckém průmyslu.

Obrázek 5 znázorňuje jednotlivé kroky využití technologie 3D tisku.



Obrázek 5 Postup 3D tisku⁶⁷

⁶⁴ SEDLÁK, Josef. *Aditivní technologie – metody Rapid Prototyping* [online]. Brno: UST, 2017 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/sto_bak/cv_STV_04_Aditivni_tecnologie_metody_Rapid_Prototyping.pdf.

⁶⁵ BAUMERS, Martin a Matthias HOLWEG. *On the economics of additive manufacturing: Experimental findings* [online]. 27. 07. 2019 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joom.1053?saml_referrer

⁶⁶ N. Shahrubudin, T. C. Lee a R. Ramlan. *An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications* [online]. Elsevier B.V., 2019 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308169>

⁶⁷ 3D tisk – PLA [online]. 2016 [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <https://makerslab.cz/3d-tisk-pla/>

3.5 Virtuální a rozšířená realita

Klíčovým předpokladem inteligentní továrny mohou být zařízení, aplikace virtuální a rozšířené reality, které společně poskytují konkurenční výhodu. Nově vznikající továrna na bázi Průmyslu 4.0 tak může být ještě před jejím fyzickým vznikem dokonale prověřena ve své virtuální podobě, a tím lze její celý provoz v reálném čase otestovat.⁶⁸ Virtuální realitu lze tedy chápat jako počítačem simulované prostředí, které dává uživateli této technologie pocit, že se stává součástí virtuálního prostředí, a díky tomu jej může prozkoumat a komunikovat s ním. K zobrazení takového prostředí se používají 3D brýle, které zprostředkují vizualizaci ve 3D prostředí. V podnicích se technologie virtuální reality používají například k včasnému odhalení poruch na výrobním zařízení, či k odzkoušení nového produktu před jeho uvedením na trh.⁶⁹

Rozšířená realita je technologií spojující realitu a digitální prostředí. Oproti virtuální realitě využívá reálné vjemy (zvuk, video, grafika), které rozšiřují uživateli vnímání o digitálně zobrazené informace. Jinak řečeno, přidává viditelné realitě další sensorickou vrstvu zobrazující reálná data z daného prostředí. Zatímco v rozšířené realitě má uživatel kontakt s reálným prostředím, virtuální realita ho přenesla do plně simulovaného prostředí.⁷⁰

Tím, že jsou technologie virtuální a rozšířené reality schopny vstoupit do jakékoliv fáze výrobního procesu (jak existujícího, tak vznikajícího podniku), lze je snadno využít k včasnému odhalení chyb nebo k pravidelné údržbě. Aplikace rozšířené reality se často využívá ke školení pracovníků s cílem snížení nákladů na školení a zlepšení vzdělávacích programů. Pokud nemá továrna k dispozici funkční prototyp stroje, který je náročný na údržbu a opravy, mohou si pracovníci díky virtuální realitě nezbytné servisní úkony nacvičit a funkční prototyp tak není potřeba. Rozšířenou realitu lze implementovat i za účelem zefektivnění logistických procesů podniku. Zaměstnanec skladu může být například díky této technologii navigován do správné uličky ve skladu, ve které se dané zboží nachází. Speciálním zvýrazněním zboží na displeji také dokáže snadněji a rychleji identifikovat hledané zboží.⁷¹

⁶⁸ SIEMENS. Digital Mockup, *Virtual&Augmented Reality* [online]. 2020 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/industries/automotive-transportation/automotive-oems/digital-mockup-virtual-augmented-reality.html>

⁶⁹ Intel. *Virtual Reality vs. Augmented Reality vs. Mixed Reality: Demystifying the Virtual Reality Landscape* [online]. 2020 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>

⁷⁰ Association for computing machinery. *AUGMENTED REALITY: EXPLORED* [online]. 05.01.2019 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://medium.com/acmvit/augmented-reality-explored-fc811b5eb770>

⁷¹ E. Palíšek. *Digitalizace a Průmysl 4.0 v chemickém průmyslu* [online]. 2018, s. 205-206 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Spravce/Downloads/3061-Article%20Text-3361-1-10-20180410.pdf>

V kombinaci s dalšími vyspělými technologiemi, jako je robotika a počítačové vidění, přináší tyto technologie převrat ve výrobních i nevýrobních odvětvích, a učiní tak průmyslové a logistické procesy a služby přesnějšími a méně těžkopádnými pro člověka. Podle Bieguna najdou tyto technologie v podnicích široké uplatnění od vzdělávání přes podporu kreativní činnosti až po prodej jednotlivých produktů.⁷²

V rámci této kapitoly byly vyjmenovány pouze vybrané technologie, které pomáhají budovat Smart Factory a Smart Manufacturing. Obecně lze konstatovat, že technologie podporují klíčové oblasti, a to především digitalizaci, robotizaci a automatizaci. Technologie se dynamicky vyvíjí, a tak je zřejmé, že se budou v následujících letech dále rozvíjet (např. 5G sítě) a budou vznikat nové technologie. Ne všechny ale najdou dostatečné praktické využití, či potvrdí svoji hodnotu a podaří se jim prosadit na trhu. Z tohoto důvodu je nutné konstatovat, že nelze kompletně zahrnout výčet všech na trhu dostupných technologií, mezi které patří ještě např. umělá inteligence či autonomní roboti.

3.6 Ideální systém Smart Factory

Propojením výše uvedených technologií tak může vzniknout podnik, ve kterém jsou prakticky všechny hlavní, pomocné i obslužné procesy automatizovány, a to počínaje od přijetí objednávky přes nákup materiálu, výrobu až po distribuci či ideálně recyklaci. To vše je podpořeno informacemi v každé fázi těchto procesů. V reálné situaci může koncept Smart Factory vypadat následovně: Zákazník odešle svoji objednávku. V podnikovém systému, např. ERP (plánování podnikových zdrojů) výrobce obdrží veškeré informace o požadavku zákazníka, a podle nich se dále prostřednictvím MES (systém řízení výroby) systému naplánuje celá výroba, včetně spotřeby materiálu, energie, lidské práce a jednotlivých výrobních operací. Pro pokročilé plánování výroby je vhodné, aby měla výrobní společnost implementovaný APS (rozšířený plánovací systém), který pomáhá porovnávat kapacitu s výrobním procesem a požadavky zákazníků. V tomto případě jsou při využití APS systému do výrobního procesu implementovány veškeré změny, které se týkají zákaznických požadavků, a zároveň lze provádět různé simulace, jak bude zakázka vyrobena. To umožňuje, aby podnik a výrobní systém získal detailní přehled o materiálových pohybech a pracovních příkazech. Plánování výroby může být zahájeno načtením příkazů z ERP systému. Je důležité, aby časově náročné výrobní operace byly zpracovány systémem (APS), a aby došlo ke včasné identifikaci

⁷²BIEGUN, Jiří. *Virtuální realita aneb Průmysl 4.0* [online]. In:2020 [cit.2021-01-23]. Dostupné z: <https://biegunjiri.cz/clanky/119-virtualni-realita-aneb-prumysl-4-0/>

případných problémů (minimalizace prostojů, plánování sekvencí, minimalizace seřizovacích časů, včasné přesuny materiálů).⁷³

Jakmile je výroba naplánována, dochází k samotné výrobě. Výrobek má po celou dobu jeho výroby jednoznačně přidělené ID, díky kterému je jeho průběh zaznamenáván a postupuje výrobními operacemi zcela samostatně. Během výroby se sbírají všechna důležitá data související s výrobkem a probíhajícími operacemi. Jedná se například o informace o použitých materiálech, komponentech, senzorické obrazy, fotografie a jiná data. Díky tomu se vytváří tzv. rodný list výrobků, který eviduje, identifikuje a archivuje aktivity ve výrobě. Kromě sledovaných parametrů, použitých materiálů a podmínek výroby (tlak, teplota, vlhkost) lze také dokumentovat údaje o postupu výroby (kdo, kdy a jakou operaci vykonal) a také kvalitativní parametry při testování. Nakonec je hotový výrobek expedován a doručen k zákazníkovi.

Díky digitalizaci lze výrobu jako celek detailně plánovat, simulovat, měřit, analyzovat, kontinuálně vylepšovat a kontrolovat. To vše směřuje k rychlejší, přesnější a efektivnější výrobě, která je dlouhodobě udržitelná.⁷⁴ Dle společnosti Siemens lze údajně právě v důsledku samotné digitalizace snížit technologické náklady na výrobu až o 30 %.⁷⁵



Obrázek 6 Koncept Smart Factory⁷⁶

⁷³ APS systém nenahradí funkcionalitu ERP systému [online]. 2010 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/aps-system-nenahradi-funkcionalitu-erp-systemu.htm>

⁷⁴ BOSH. *Jak funguje Smart Factory* [online]. 2021 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/cs/cz/trendy-a-aktualni-temata/prumysl-4-0/smart-manufacturing/smart-factory-work/standard-page-2-without-marginal-column-2>

⁷⁵ SIEMENS. *Digital transformation: Leading by example* [online]. In: . 2021 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/electronics-digitalenterprise-futuretechnologies.html>

⁷⁶ REHMAN, KALSOOM, RAMZAN a AHMED. *Advances in Sensor Technologies in the Era of Smart Factory and Industry 4.0* [online]. United Kingdom, 2020, 2020, , 22 [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: <file:///C:/Users/st541/Downloads/sensors-20-06783.pdf>

4 ZPRACOVÁNÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Praktická část této práce se zaměřuje na vnímání konceptu Průmyslu 4.0 a využití technologií v rámci budování inteligentní továrny ve vybrané společnosti. Cílem práce je na základě výzkumu ve vybraném podniku zjistit stav implementace prvků a technologií Průmyslu 4.0, zhodnotit současný stav implementace a případně navrhnout vhodná doporučení v souvislosti s budováním Průmyslu 4.0 v budoucnosti pro podnik samotný i pro ostatní průmyslové podniky.

Praktická část byla realizována formou kvalitativního výzkumu na základě scénáře dotazování. Scénář dotazování byl vypracován v souladu s problematikou konceptu Průmyslu 4.0, která je detailně popsána v teoretické části práce. Scénář dotazování je složen z několika částí. První část se zaměřuje na připravenost, vizi a strategii podniku v rámci zavádění prvků Průmyslu 4.0. Druhá část se týká přístupu podniku k budování Smart Factory a s tím spojené implementace digitálních technologií. Třetí část se zabývá lidským faktorem, jeho rolí a kompetencemi v souvislosti s přechodem do Průmyslu 4.0, a poslední část je věnována dopadu pandemie Covid-19 na výrobu.

4.1 Představení společnosti

Pro výzkum byla oslovena společnost, která klade na digitalizaci vysoký význam, což se projevuje jednak v tendenci považovat přístup k digitalizaci za součást know-how, a zároveň ve snaze eliminovat jakékoli potenciální kybernetické hrozby pro samotný systém. Z toho důvodu si management podniku přeje nezveřejňovat konkrétní data a informace.

Oslovený podnik je součástí skupiny nadnárodního koncernu, který působí na trhu již od 2. poloviny 17. století. V současnosti je společnost zastoupena v 70 zemích světa s evropskou centrálou, a díky dosavadním zkušenostem a schopnostem neustále inovovat se řadí mezi světové lídry v oblasti výroby a distribuce hmot a materiálu pro stavební průmysl. Dále se také společnost soustředí na výrobu materiálů pro automobilový průmysl.

Česká skupina, jejíž součástí je vybraný podnik, působí v České republice od roku 1992 a je aktuálně zastoupena 4 společnostmi, které spravují 12 výrobních závodů. Roční obrat skupiny českých společností přesahuje 17,5 mld. Kč. Vybraný podnik se soustředí na chemicko-technologickou výrobu a navazující mechanické úpravy primárního výstupu do podoby řady diverzifikovaných produktů na B2B a B2C trhu, a nabízí tak široké portfolio výrobků pro stavebnictví i průmyslové aplikace.

4.2 Výsledky výzkumu

V podniku byl osloven IT ředitel pro digitální transformaci s pravomocí a odpovědností za implementaci digitalizace a rozvoj IT, v jehož náplni je rovněž kybernetická bezpečnost a částečně (ve spolupráci s vedením koncernu) i strategické směřování digitalizace podniku. Ve druhém kole dotazování byl respondentem manažer evropské centrály na obdobné pozici za celý koncern.

Na základě odpovědí, a zejména znatelně proaktivnímu přístupu respondentů k problematice digitalizace, je na úvod možné konstatovat, že koncept Průmyslu 4.0 je podnikem považován za důležitou součást strategických priorit a klíčovou vizi budoucí výroby. Podnik proto již aktivně využívá některé technologie a prvky Průmyslu 4.0, do jejichž implementace investuje až třetinu ze svého zisku. Nicméně bylo z výzkumu zjištěno, že podnik musí respektovat specifika výroby vyplývající jednak z charakteru výroby samotné, historického kontextu, prostorových i finančních možností, tak i strategického směřování koncernu. Konkrétní zjištění jsou shrnuta v následujících kapitolách, které respektují okruhy dotazů ve scénáři.

4.2.1 Strategie koncernu v souvislosti s Průmyslem 4.0

Náhled a vize koncernu na problematiku Průmyslu 4.0 a technologie, které tento koncept využívá, je v zásadě velmi proaktivní. Vedení koncernu, který je podle řady parametrů světovým leaderem ve svém oboru podnikání, vnímá změny stavu světa, které digitalizace přináší a je v zásadě se všemi technologiemi důvěrně seznámeno. Pozice leadera dává vysokou konkurenční výhodu ve sdílení zdrojů i zkušeností s tímto konceptem, jakož i dostatečnou sílu prosadit změny napříč celým odvětvím, a to navzdory řadě omezení, jako např. bezpečnostních rizik či nedostatečné připravenosti dodavatelů akceptovat digitální řešení napříč celým řetězcem.

Digitalizace není pro koncern žádným konečným cílem nebo stavem, ve kterém by se měly podniky ve skupině nacházet a zjednodušeně je možné říci, že není jeho záměrem dosáhnout kompletní digitalizace a úplného výstupu ve formě „Smart Factory“. Smyslem je prosadit prvky digitalizace do procesů, u kterých to má ekonomický či strategický smysl, a to na základě jednoduché posloupnosti: pochopit – vyzkoušet – změnit.

Specifikem vyplývajícím i z historického rozložení výroby mezi podniky ve skupině, mezi jednotlivými závody i rozložení výrobních procesů uvnitř areálu jednotlivých závodů je, že výroba není dle respondentů tzv. harmonizovaná – tj. plynule na sebe navazující. Z toho

důvodu je v koncernu, i případně v každém podniku obtížnější aplikovat digitalizaci, nežli například při standardizovaném předmětném uspořádání výrobního systému či při tvorbě zcela nového výrobního systému. Každý výrobní závod společnosti je navíc poněkud odlišný, má i odlišné postupy a podmínky, jiné strojové vybavení a rovněž odlišné produkty. To je způsobeno částečně historicky, kdy dílčí části výroby nebyly při svém vzniku v minulém století centrálně koordinovány a řízeny, a částečně i pozdější vertikální i horizontální integrací, tak jak se koncern v České republice rozšiřoval.

K implementaci strategických rozhodnutí tak systematicky přistupuje podnik přes dvě vrstvy rozhodování a řízení. Samotný podnět ke zlepšení a inovaci přichází z nižší úrovně řízení, zpravidla z tzv. obchodní jednotky (business level), přičemž musí být jednoznačně vymezen smysl či přínos navrhované změny. Zcela zásadní je pro další pokračování změny fakt, zda má iniciativa/podnět definovanou klíčovou osobu, která se stane vlastníkem projektu a bude dále projekt připravovat, realizovat a nést za něj zodpovědnost. V rámci druhé vrstvy je podnět následně posuzován managementem a relevantními útvary společnosti v součinnosti s IT oddělením, než je zahájena implementace a řízení samotného námětu ve formě samostatného projektu. Pro zavedení či odmítnutí inovace nebo změny současných postupů je v této fázi pro podnik klíčové posoudit budoucí přínosy takového projektu a smysluplnost záměru.

4.2.2 Důvody implementace prvků Průmyslu 4.0 v praxi

Podnik věnuje pozornost digitalizaci z různých důvodů. Jednou z motivací pro digitalizaci je udržení si konkurenční výhody. Dalším faktorem jsou očekávání zákazníků. Jelikož společnost dodává produkty pro další využití, jsou některé komponenty pro koncové zákazníky klíčové a musí být dodány včas. Z tohoto důvodu může mít zpoždění ve výrobě vliv na spokojenost zákazníků, a může tak přimět zákazníka k hledání jiných možností na trhu.

Digitalizace se promítá také do interních procesů společnosti. Automatizace, především na straně administrativních úkonů, je nezbytná, šetří čas, odstraňuje chybovost a snižuje nároky na zaškolování zaměstnanců. Další důvod k zavádění digitalizace podnik vidí v propojení dodavatelsko-odběratelských řetězců. Podnik tak získává kompletní přehled o nakupovaných zdrojích, vyráběných produktech a jejich distribuci směrem ke koncovým zákazníkům. V souvislosti s implementací inovačních projektů v rámci Průmyslu 4.0 jsou ve společnosti i k tomuto posouzení formulovány klíčové indikátory (KPI), na základě kterých se plánuje a následně vyhodnocuje očekávaný přínos a přidaná hodnota.

Jak bylo již zmíněno, podnik digitalizuje hlavně za předpokladu, že digitalizace přinese skutečnou hodnotu. Hodnotu podnik vidí jednak v přínosu vyšší efektivity práce, tzn. vyrábět více se stejnými výrobními prostředky a kapacitami, ale i v přínosu vyrábět levněji a ve vyšší kvalitě či s přidanou hodnotou. Digitalizace s sebou nese také možnost inovací, jako například zlepšení výrobních postupů. Rizika spojená s pomalejší digitalizací podnik spatřuje hlavně ve ztrátě konkurenceschopnosti. Z toho důvodu podnik každoročně vyhodnocuje efektivitu zaváděných inovací. Bez těchto ročních hodnotících cyklů by podnik nebyl schopen se neustále v procesu digitalizace zlepšovat.

Přínos digitalizace také podnik spatřuje v integraci firemních procesů. Podnik se nesoustředí pouze na zavádění digitalizace do výroby, ale i na její uplatnění v obchodně výrobním řetězci počínaje marketingem, nákupem, sledováním objednávek, plánováním výroby, samotné výroby, dodávek a komunikaci a řízení zákaznické spokojenosti. Všechna zmíněná oddělení a jejich procesy musí být v harmonii a vzájemně na sebe navazovat. Zákazník je středobodem a je podstatné, aby získal produkt v požadovaném čase, kvalitě a množství.

4.2.3 Využití technologií Průmyslu 4.0

Třebaže podnik patří v oblasti využití technologií Průmyslu 4.0 objektivně k nejnávštějnějším, postupuje míra digitalizace v postupných krocích. V oblasti kvality výroby jsou např. využívány operativní KPI. Hodnoty KPI, které slouží v podniku ke zjištění průběhu kvality a efektivity výroby, jsou zjišťovány právě využitím digitálních technologií. Z výroby jsou sbírána reálná data ze strojů, která jsou po zpracování v reálné čase k dispozici na obrazovkách na každém pracovišti. Díky tomu mají operátoři strojů neustálý přehled o stavu plnění plánu výroby nebo o neplánovaných událostech - odchylkách, na které je třeba rychle reagovat.

V rámci digitalizace je pro podnik zásadní získávat a ukládat správná data. V podniku se s daty nakládá rozlišně, data se sbírají, ukládají, transformují a dochází k datovým korelacím. Data především pomáhají podniku automatizovat rozhodnutí. Respondenti doslova uvádí, že „*nelze nic udělat, když nejsou data*“. Proto podnik klade důraz na to, aby proces využití dat vždy sledoval posloupnost:

Sběr – uložení – transport – použití – vysvětlení – reportování – uskutečnění rozhodnutí

Klíčovým je i sledování stavu strojů, snižování množství oprav a plánování servisních odstávek. Ve výrobě hraje klíčovou roli čas, a proto je v podniku sledován další důležitý ukazatel - doba po kterou stroj nepracuje. Nečinnost je zpravidla způsobena z přirozených příčin v důsledku

nestejnorodosti použitého materiálu a činnost je obvykle rychle obnovena, nicméně pokud jsou intervaly nečinnosti u některého ze strojů čtenější nebo pokud je čas nečinnosti delší než 5 minut, jedná se již o negativní zjištění s nutností nápravných kroků.

Společnost však zatím nevyužívá IoT technologie v obdobném rozsahu a v masivní míře ve všech provozech. Důvodem je skutečnost, že většina IoT technologií nebyla doposud dostatečně ve výrobě otestována. Jedním z projektů, které podnik v současné době testuje, je např. vyhodnocování výkonnosti motorů nebo elektronické sledování technických hodnot produkce. V obou případech jsou data přeposílána do cloudu a dodavatel sleduje zvolené parametry a případně i zajišťuje prediktivní analýzu, kontrolu nad funkcí strojů a predikuje rizika.

Důkazem, že zdaleka ne všechny výrobní operace jsou zdigitalizovány, je např. proces sledování či zaskladnění materiálu (na jehož základě je sledován výrobní cyklus produktu), mnohdy zajištěn manuálním skenováním čárových kódů. Starší výrobní stroje rovněž nejsou obvykle připojeny do podnikové sítě a nedokážou tak systém informovat o případných změnách kvality produktu či změnách technických parametrů stroje. Hrozí tedy neočekávaná porucha výrobního zařízení, které by se v konečném důsledku muselo odstavit a výroba by byla po dobu opravy pozastavena. Mnohdy se však stroj nepřipojuje do sítě podniku záměrně s cílem, v zájmu IT bezpečnosti, nerozšiřovat množství potenciálních vstupů do interního systému dat – zvláště v případě, kdy je stroj připojen na externího správce, který monitoruje jeho funkci a chod. Takové stroje jsou raději ponechány v uzavřeném (nepřipojeném) režimu tzv. „Black Box“.

Robotizace je v podniku implementována formou kolaborativních robotů, kteří jsou využíváni k balení a přemístění produktů. Roboti mají přednastaveny různé funkce, při kterých například dochází ke kontrole kvality finálního výrobku. Údržba robotů se provádí na základě požadavků, které generuje sám robot. Roboti jsou sledováni vnitřní a vnější kamerou, aby tak docházelo ke kontrole jejich stavu. V podniku se využívají především pro přepravní funkci, aby tak snížily zátěž zaměstnanců, kteří by byli jinak nuceni manipulovat s těžkými předměty.

Z ostatních „Smart“ technologií je v podniku míra využití znatelně nižší. Rozšířená realita je sice pro podnik zajímavou oblastí, nicméně se po primárním průzkumu potenciálních využití této technologie podnik rozhodl nepodporovat úsilí zařadit se mezi „early-adopters“ v této technologii. Technologie byla v podniku pouze součástí testování speciálních případů použití.

Podnik zatím spatřuje přínosy její implementace např. ve výrobě, kdy by si lidé rychleji osvojili některé dovednosti, například při opravách. Podnik také vidí velký přínos rozšířené reality v oblasti ochrany zdraví, jelikož ve výrobě existuje řada míst, kde může být člověk zraněn. V tuto chvíli podnik přemýšlí o vytvoření tzv. virtuální dílny v podobě virtuální konzole, kde bude docházet k různým testům a školením. Rozšířenou realitu by bylo možné použít i pro externí poskytovatele služeb, kteří často do výroby fyzicky vstupují. A to např. z důvodu snazšího pochopení, jak se bezpečně a lépe pohybovat v prostorech závodu.

Technologie 3D tisku je v celém koncernu využívána pouze okrajově, např. pro tisk některých komponent pro drobné opravy výrobních zařízení. Pokud se tedy porouchá obtížněji nahraditelná součástka, industriální tým může vytvořit vlastní model a součástku vytisknout. Jelikož jsou v koncernu i starší stroje, může být obtížné k těmto strojům zajistit originální náhradní díly a 3D tisk tak může představovat nejvhodnější variantu, jak rychle takový díl získat.

Práce s daty prokazatelně pomáhá zvyšovat efektivitu výroby, např. jsou patrné přínosy plynoucí z propojení strojních dat s kvalitativními daty produkce (pro identifikaci příčin neshod kvality) a rovněž je snahou, aby reporty prezentovaly informace konkrétním a relevantním osobám, které na jejich základě rozhodují o dalších krocích, změnách a navrhuji inovace. Podnik klade velký důraz na real-time data a přehlednost a jednoznačnost jejich prezentace. Významný benefit pro práci s daty přináší různé otevřené platformy např. od Microsoftu a Amazonu. Tyto platformy mají význam především ve schopnosti data získat, zpracovat, uchovat, a to až ze stovek komponentů napříč systémem, což přímo směřuje k levnější výrobě. Rovněž mají benefity ve schopnosti konsolidovat/propojovat různé aplikace a společnosti tím získávají možnost vybírat si z aplikací ty nejvhodnější a nejúspěšnější na trhu a používat je téměř okamžitě bez nutnosti dodatečné nákladné interkonektivity. Využívání řady globálních aplikací, např. od společnosti Google svojí schopností dlouhodobě vyhodnocovat efektivitu výroby (např. závislost zmetkovitosti na různých parametrech výroby), prokázalo v dlouhodobém hodnocení rovněž vysoký přínos v efektivitě i úspoře nákladů.

Podnik v současnosti pracuje na projektu spojeném s rozsáhlým softwarovým auditem za účelem vytvoření katalogu všech používaných softwarů, jejich funkcí a využití. To by mělo zpřehlednit pohled na efektivní využívání softwarových licencí, a především pomoci při rozhodování o dalších investicích. Díky plné transparentnosti používání konkrétních softwarových aplikací pak bude podnik schopen rozumně investovat do jejich rozvoje,

rozšiřování a podpory. To je také iniciativa, která podniku pomáhá při budování bezpečnější továrny, tj. k ochraně proti kybernetickým útokům.

4.2.4 Kybernetická bezpečnost

Kybernetická bezpečnost hraje v podniku velmi důležitou roli v souvislosti se zaváděním digitalizace. Podnik si uvědomuje skutečnost, že čím více digitalizuje, tím více si musí dát pozor na hrozící útoky. Jedná se o jeden z limitujících faktorů bránící masivnímu rozmachu digitalizace. S rostoucím počtem do systému zapojených přístrojů úměrně roste i míra rizika, že se každý z nich může stát vstupní branou pro případný kybernetický útok, který by nejen způsobil případné zastavení výroby (okamžité důsledky), ale zejména ztrátu dat (dlouhodobé důsledky). Z pohledu podniku je potřeba, aby podnik dostatečně zabezpečil svá data, a zamezil tak možnému útoku. I na ten ale musí být podnik řádně připraven. A to především proto, že jako součást nadnárodní společnosti by mohlo dojít k ohrožení zbytku skupiny a narušení spolupráce s partnery, dodavateli a zákazníky.

Primární je proto pro podnik ochrana podnikové sítě. Naprostou nezbytností se stala kontrola každého do systému připojeného zařízení. Ta jsou rozdělena do vrstev a komunikace na úrovni každé vrstvy, i mezi vrstvami, jsou monitorovány. Každé zařízení je před nasazením auditováno a následně prochází pravidelnou revizí kybernetické bezpečnosti. Společnost má pevně definované povolené i zakázané komunikační protokoly pro své LAN/WAN sítě a využívá multi-platformovou architekturu (Linux, Android, Windows, iOS), aby ztížila případným útočníkům průchod do sítě.

Nadnárodní skupina čelí každodenním útokům, které se počítají v řádech tisíců měsíčně. Statisticky se uvádí, že průměrná škoda hackerského útoku na firmu je 1,47 milionu eur, přičemž společnost odhaduje, že pro lokální entitu by se jednalo o několikanásobně vyšší částku. Před pár lety skupina zaznamenala kybernetický útok, který byl v řádu několika dnů eliminován. Díky tomu si společnost uvědomila důležitost a potřebu investovat do kybernetické bezpečnosti a průběžně tak pracuje na vylepšování a implementaci nejnovějších typů ochran.

4.2.5 Údržba a prediktivní údržba

Prediktivní údržba je jedna z klíčových iniciativ, na kterou podnik klade důraz a investuje do ní významné investiční prostředky. Z pohledu podniku je důležité včas identifikovat a odstranit chyby na výrobním zařízení. Sledování poruchovosti strojů probíhá za pomoci systému MESR, v němž jsou i prvky analýzy pravděpodobných příčin a souvislostí poruch. Tento program

si společnost dlouhodobě vyvíjí a spravuje sama. Data z hlediska údržby přinášejí podniku obrovskou hodnotu, jelikož náklady na neprovozuschopnost zařízení jsou obrovské. Pokud na stroji nastane porucha, je pro podnik důležité identifikovat důvod a na základě toho určit kroky k tomu, aby další porucha nenastala. Podnik si eviduje výskyt poruch, kde zaznamenává, kdy a o jakou poruchu se jednalo, aby analyzoval, u jakých strojů dochází k poruše častěji a mohl jí v budoucnu předejít.

Co se týká údržby v celé továrně, sledují se stavy jednotlivých strojů a také kým a kdy byla údržba na určitém stroji provedena. Starší zařízení, kterých je většina, nedokážou informaci o poruše autonomně nahlásit, a proto je nutné, aby potřebu opravit stroj zadala obsluha do systému manuálně. V podniku jsou pro přednostní opravy strojů používány mobilní telefony, kdy je v případě poruchy opravář informován formou automatické sms. V budoucnu se podnik chystá oznamovat poruchu či nezbytnou údržbu prostřednictvím QR kódů, které budou obsahovat více informací.

Přístup „machine as a service“ v podniku není využíván. Podnik zatím o nasazení takového řešení a využívání nabízených služeb neuvažuje. Nicméně u některých strojů podnik nakoupí ucelenou část technologie a využívá i podpory od dodavatele technologie, včetně specifického vývoje softwaru a údržby stroje. IT pracovníci v tom případě nemají dovoleno zasahovat do strojů a mají pouze možnost koordinace údržby (viz výše zmíněný případ tzv. „Black Box“ v kapitole 4.2.3).

4.2.6 Pracovní síla v souvislosti s přechodem na Průmysl 4.0

Příchod digitalizace neznamená pro podnik ani pro celý koncern nahrazení pracovní síly digitálními technologiemi. Lidé jsou považováni za klíčový článek výroby a koncernová politika i podnik pevně věří ve své zaměstnance a v jejich schopnost přinést podniku značnou hodnotu, nápady a inovace.

Velkou výzvou pro podnik je ujistit se, že zaměstnanci jsou součástí týmu a podílejí se na nových způsobech práce, které přináší digitalizace. Důležité je pro podnik umět lidem vysvětlit nové přístupy, sdílet znalosti a zkušenosti, aby se tak vyhnuli strachu a obavám pramenících z neznalosti nových technologií a samotné digitální transformace. I proto je jedním z klíčových ukazatelů zjišťování úrovně spokojenosti zaměstnanců s novou technologií. Je zapotřebí neustále hledat cesty, kde technologie pomáhají a neztěžují práci samotnou.

Co se týká postojů zaměstnanců k digitalizaci, někteří z nich žádají o změny, hledají nové přístupy a snaží se vylepšit proces. Na druhé straně je ale stále ještě řada zaměstnanců, která změnu nevyhledává a obává se jí. Proto podnik klade důraz na vysvětlování, prezentaci řešení a nejlepších přístupů v podobě otevřené komunikace či workshopů. Nejdůležitější je mít pro projekt podporu a podnik i koncern věří, že pokud budou zaměstnanci dostatečně informováni a proškoleni, nebudou se změnám spojených s digitalizací bránit.

4.2.7 Vliv pandemie Covid-19 na výrobu

Ačkoliv nebyla výroba v podniku během pandemie Covid-19 pozastavena, společnost ze začátku pandemie čelila mnoha výzám. Pro výrobní společnost je ochrana a zdraví svých pracovníků klíčová, a právě tomu se společnost musela v období pandemie co nejvíce přizpůsobit. Řada administrativních zaměstnanců přešla do režimu „home office“ a bylo nezbytné začít rychle implementovat nové přístupy, jako např. online komunikaci, sdílení dokumentů a společné práce ve virtuálních týmech. Dalším z příkladů, které podnik rychle implementoval byl digitální podpis. IT oddělení muselo velmi rychle řešit složité situace, jako například připojení velkého množství osob přes bezpečnou komunikaci do firemní sítě. Důležité bylo udržet výrobu v chodu, sledovat kapacity a hledat rychlá řešení.

Období pandemie přineslo podniku zcela nový pohled na styl práce a zároveň urychlilo samotnou digitalizaci v několika ohledech. Odstranilo tak spoustu obav z digitalizace, jelikož stejné přístupy museli ve stejném čase implementovat i zákazníci, dodavatelé a konkurence. Z pohledu podniku pandemie přenesla „nový standard“ do každodenní práce. V současnosti není potřeba v podniku stoprocentní přítomnosti všech zaměstnanců na pracovišti, což by bylo pro podnik před pandemií prakticky nepředstavitelné. Společnost se především díky novým technologiím a digitalizaci během pandemie naučila, že některé projekty lze realizovat i vzdáleně, jako například najímat zaměstnance, implementovat projekty či řídit globální projekty.

4.3 Zhodnocení a doporučení na základě provedeného výzkumu

Být součástí nadnárodní společnosti přináší podniku mnoho výhod. Jednou z přidaných hodnot je neustálé sledování trendů v oblasti Průmyslu 4.0, na základě čehož je koncern schopen svým výrobním podnikům doporučit, jaké technologie testovat a implementovat. Další výhodou je možnost sdílení získaných zkušeností, praxí a dosažených výsledků z implementací, což umožňuje vytvořit podnikový standard, který je pro danou aplikaci nebo výrobní proces vhodný. Podnik tak implementuje do svých závodů technologie, které jsou ověřené, pro výrobní

proces vhodné a neinvestuje do těch, které nepřináší požadovaný efekt. To má nesporné výhody v tom, že nedochází k neefektivním a někdy i zbytečným nákupům technologií.

Z provedeného šetření je patrné, že ačkoliv není cílem podniku dosáhnout úplného výstupu ve formě „Smart Factory“, je přístup managementu k otázkám digitalizace v podniku i celém koncernu zcela jednoznačně kladný a proaktivní, což se projevuje na pokročilé fázi digitalizace podniku. Tento stav je s ohledem na odvětví a ostatní obdobné podniky v regionu výrazně nadstandardní. Jednoznačně je tak doložena vysoká míra konkurenceschopnosti, udržitelnosti i atraktivity z pohledu významného zaměstnavatele v regionu.

Na základě výzkumu je možné kladně hodnotit následující okolnosti:

- vnímání konceptu Průmyslu 4.0 jako důležité součásti strategických priorit a klíčové vize budoucí výroby,
- zájem top managementu a podpora koncernu, a to napříč všemi podniky ve skupině, což umožňuje nejen lokální, ale i integrovaný posun v konkurenceschopnosti a výkonnosti celého koncernu,
- orientace na přidanou hodnotu z hlediska implementace technologií a prvků digitalizace do procesů,
- promyšlenost volby technologií z hlediska jejich smysluplnosti a návratnosti,
- orientace na práci s daty z hlediska jejich dlouhodobé analýzy a statistického zpracování,
- orientace na lidský potenciál a podpora zaměstnanců při zavádění technologií Industry 4.0,
- silný důraz na kybernetickou bezpečnost a vědomí zranitelnosti výroby a s tím spojená rizika ztrát výkonnosti,
- připravenost podniku na změny a rychlost implementace nových přístupů v důsledku vnějších okolností (např. v důsledku epidemie Covid-19).

Centrálně pojatý přístup k digitalizaci, řízený koncepčně a pod záštitou silného koncernu vytváří dostatečné zázemí i pro další rozvoj a prosazení digitalizace i v dalších letech. Navzdory těmto pozitivním zjištěním je možné formulovat některá doporučení a náměty pro další navazující kroky implementace technologií Průmyslu 4.0:

- V současném pojetí je proces digitalizace převážně tažen z interních potřeb podniku a procesů, s nutností existence „vlastníka“ inovace. Je na zvážení, zda proces nepojmout pojetím „shora“ z úrovně top managementu a neprovést digitalizaci skokově ve vyšší míře

i za cenu dočasného a delšího přerušení či přesunu výroby. Tato okolnost by musela být důkladně zvážena a analyzována z hlediska přínosů a nákladů, jejichž změnu by vyvolala.

- Jednou z překážek je ne zcela dokonalé rozložení jednotlivých operací výroby, která není organizována „harmonicky“. Reorganizace fyzických operací výroby do předmětného, ale i technologického uspořádání by napomohla případné digitalizaci, ale byla by pravděpodobně v konečném důsledku i úsporou manipulačních procesů, minimalizací mezivýrobních zásob, transportních cest i úsporou prostor a práce. Pro zajištění plynulosti výroby je však třeba zohlednit podmínky továrny a zvážit náklady/benefity této rozsáhlé změny s nutností opět řídit „shora“.
- Pokusit se eliminovat ve výrobním cyklu všechny nedigitalizované operace odstraněním nesystémových záznamů (např. pomocí ručního snímání kódů).
- Jelikož jsou v podniku starší výrobní zařízení, která nejsou připojena do podnikové sítě a nedokážou tak sama informovat systém, je na zvážení i nákup nových strojů, které o sobě budou schopny předávat operativní data.
- Více posílit investice do oblasti IT security, aby se zamezilo omezení rozvoje digitalizace v důsledku ochrany systému. Opatření IT security by neměla být limitujícím faktorem.
- Vytvořit smysluplnou architekturu IT/OT prostředí, interoperabilitu systémů (schopnost výměny dat mezi systémy různých dodavatelů technologií a možnost vytváření rychlých propojení).

ZÁVĚR

Tato práce je zaměřena na stále se rozvíjející trend Průmysl 4.0 a jeho prvky. V teoretické části je nejprve představen vývoj jednotlivých průmyslových revolucí vedoucích až k současné čtvrté průmyslové revoluci, pro kterou se též ustálil pojem Průmysl 4.0. První kapitola se proto věnuje základní charakteristice, digitálním technologiím a různým přístupům k jejich využívání. V souvislosti s tím je také zmíněn pojem digitalizace, která je považována za nedílnou součást Průmyslu 4.0.

V návaznosti na digitalizaci se práce ve druhé kapitole věnuje charakteristice a fungování digitální továrny, označované jako Smart Factory. Smart Factory poukazuje mimo jiné na kyberneticko-fyzikální systémy, které tvoří významný základ inteligentní továrny. Součástí této kapitoly jsou také faktory, které jsou nezbytné pro implementaci Smart Factory. Inteligentní továrna umožňuje mít nad vývojem i výrobou produktů naprostou kontrolu. K tomu napomáhá digitalizace a automatizace procesů, ale také prediktivní údržba, kterou se práce zabývá v závěru této kapitoly.

Poslední kapitola teoretické části je zaměřena na chytrou výrobu - Smart Manufacturing, která zvyšuje flexibilitu procesů ve výrobě. V kapitole jsou představeny vybrané technologie, jako IoT, Big Data, Digitální dvojče, virtuální a rozšířená realita a 3D tisk, které pomáhají budovat Smart Factory. Neexistuje však jednoznačný postup při budování inteligentní továrny, vše závisí na strategii a rozhodování managementu podniku. V závěru práce je nastíněn příklad možného konceptu Smart Factory včetně konkrétních postupů.

Digitální transformace významně napomáhá zvýšit produktivitu a posiluje konkurenceschopnost. K tomu, aby podniky dosáhly úspěšné digitalizace, je nezbytně nutné provést důkladnou analýzu, vybudovat transformační strategii a plán, a to v souvislosti se stanovenými cíli podniku. Klíčová je také analýza a sběr dat v reálném čase. Je potřeba vytvořit takové prostředí, ve kterém uživatelé datům rozumí, a jsou tak schopni využívat analytiku i pro další rozhodování.

Praktická část práce se zabývá zjištěním stavu implementace konceptu Průmyslu 4.0 ve vybraném podniku. Předmětem dotazování bylo zjistit, zda má podnik povědomí o Průmyslu 4.0, jaké jsou jeho přístupy k tomuto konceptu a jaká je míra využívání prvků a technologií Průmyslu 4.0. V rámci dotazování byla také soustředěna pozornost na lidský faktor, jeho role a povinnosti v souvislosti s digitální transformací. Jelikož byla práce zpracovávána v období

pandemie Covid-19, byly součástí dotazování i otázky směřující k dopadu této pandemie na výrobu v podniku.

Z provedeného šetření je patrné, že podnik i celý koncern vnímá koncept Průmyslu 4.0 jako součást svých strategických cílů a představuje také jednu z klíčových vizí budoucí výroby. Z toho důvodu podnik vytváří podmínky pro implementaci prvků Průmyslu 4.0. Každý takový projekt je nejprve testován a na základě toho se posuzuje jeho efektivita, kybernetická bezpečnost a ekonomické zhodnocení implementace. U zkoumaného podniku tak lze nalézt především digitalizaci, která přináší zefektivnění výroby a zároveň cestu k vyšší konkurenceschopnosti na trhu. Dále také robotizaci, která je v podniku využívána pro manipulaci s materiálem nebo pro kontrolu kvality finálních výrobků. Ačkoliv nejsou v podniku v dostatečné míře využívány „smart“ technologie Průmyslu 4.0, podnik spatřuje v některých z nich značné výhody a uvažuje tak do budoucna o jejich implementaci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1 About SuryaGutta - SoftwareArchitect | Machine Learning | Microservices | AWS: Data Science: *The 5 V's of Big Data* [online]. 2020 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://suryagutta.medium.com/the-5-vs-of-big-data-2758bfcc51d>
- 2 ANATOMIE INTELIGENTNÍHO PRŮMYSLU: *IOT A AUTONOMIZACE* [online]. 2019 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.anasoft.com/emans/cz/home/Novinky-blog/Blog/Anatomie-inteligentniho-prumyslu-AIoT-a-autonomizace>
- 3 *APS systém nenahradí funkcionalitu ERP systému* [online]. 2010 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/aps-system-nenahradi-funkcionalitu-erp-systemu.htm>
- 4 ARNOŠT, Daniel. *Business Intelligence: příručka manažera*. Praha: TATE International, 2007. Příručka manažera
- 5 Association for computing machinery. *AUGMENTED REALITY: EXPLORED* [online]. 05.01.2019 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://medium.com/acmvit/augmented-reality-explored-fc811b5eb770>
- 6 BAUMERS, Martin a Matthias HOLWEG. *On the economics of additive manufacturing: Experimental findings* [online]. 27. 07. 2019 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/joom.1053?saml_referrer
- 7 BIEGUN, Jiří. *Virtuální realita aneb Průmysl 4.0* [online]. In:2020 [cit.2021-01-23]. Dostupné z: <https://biegunjiri.cz/clanky/119-virtualni-realita-aneb-prumysl-4-0/>
- 8 BOSH. *Jak funguje Smart Factory* [online]. 2021 [cit.2021-02-03]. Dostupné z: <https://www.boschrexroth.com/cs/cz/trendy-a-aktualni-temata/prumysl-4-0/smart-manufacturing/smart-factory-work/standard-page-2-without-marginal-column-2>
- 9 BUHR, Daniel. *Social innovation policy for Industry 4.0* [online]. Bonn: Friedrich Ebert-Stiftung, Division for Social and Economic Policies, © 2015 [cit. 2020-09-25]. ISBN 978-3-95861-161-0. Dostupné z: <https://library.fes.de/pdf-files/wiso/11479.pdf>
- 10 CAPGEMINI. *Smart Factories: How can manufacturers realize the potential of digital industrial revolution* [online]. In: 2018 [cit. 2021-01-31]. Dostupné z: https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/05/dti-smart-factories-full-report-rebranded-web-version_16032018.pdf
- 11 DELOITTE. *Blockchain pro začátečníky* [online]. In: 2018 [cit. 2021-02-03]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/technology/Blockchain-pro-zacatecniky-Jan-Seidl.pdf>
- 12 DELOITTE. *Digital twins* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends/2020/digital-twin-applications-bridging-the-physical-and-digital.html>

- 13 E. Palíšek. Digitalizace a Průmysl 4.0 v chemickém průmyslu [online]. 2018, s. 205-206 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Spravce/Downloads/3061-Article%20Text-3361-1-10-20180410.pdf>
- 14 FORCEPOINT: *IoT cybersecurity* [online]. 2020 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.forcepoint.com/cyber-edu/iot-cybersecurity>
- 15 GARG, Ankit. Journal of Advances and Scholarly Researches in Allied Education: Multidisciplinary Academic Research [online]. 2019, 864 - 867 [cit. 2020-11-17]. ISSN 2230-7540. Dostupné z: <http://ignited.in/I/a/109799>
- 16 GAUSS ALGHORITMICS S.R.O. *Analýza velkých dat*. Gauss algorithmic [online]. ©2018 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://www.gaussalgo.cz/analyza-velkych-dat/>
- 17 Gubta a Quamara. *Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols* [online]. In: 2018 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cpe.4946>
- 18 Hartmut Hirsch-Kreinsen. *Digitization of industrial work: development paths and prospects* [online]. In: 2016 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/HirschKreinsen2016_Article_DigitizationOfIndustrialWorkDe.pdf
- 19 HERRMANN, Frank. *The Smart Factory and It's Risks* [online]. In: 2018, 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-8954/6/4/38>
- 20 HERMANN, Mario, Tobias PENTEK a Boris OTTO. *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios* [online]. In: 2015 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7427673>
- 21 INTEL. *Virtual Reality vs. Augmented Reality vs. Mixed Reality: Demystifying the Virtual Reality Landscape* [online]. 2020 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>
- 22 Journal of Applied Engineering Science: AN INFORMATION SYSTEM OF PREDICTIVE MAINTENANCE ANALYTICAL SUPPORT OF INDUSTRIAL EQUIPMENT [online]. In: 2018 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1451-4117/2018/1451-41171804515V.pdf>
- 23 Key drivers of digital transformation in manufacturing: *How industry trends are making companies think digitally* [online]. 2019 [cit. 2020-10-01]. Dostupné z: <https://rsmus.com/what-we-do/industries/industrials/key-drivers-of-digital-transformation-in-manufacturing.html>
- 24 KOCH, Volkmar, Reinhard GEISSBAUER, Simon KUGE a Stefan SCHRAUF. *Industry 4.0: Opportunities and Challenges of the Industrial Internet* [online]. 2014 [cit. 2020-09-25]

- 25 KODYM, KAVKA, TVRDOŇ a ČUJAN. DIGITAL TWINS IN THE PRODUCTION ORGANIZATION [online]. 2019 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <http://https://www.proquest.com/docview/2326848320?accountid=17239>
- 26 LEGÁT, V. *Asset management – management majetku a jeho údržby*. [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <http://udrbapodniku.cz/hlavni-menu/artikyly/artykul/article/asset-management-management-majetku-a-jeho-udrzby/>
- 27 LIERE-NETHERELE, Kirsten, Sven PACKMOHR a Kristin VOGENSANG: *Drivers of Digital Transformation in Manufacturing* [online]. 2018, 2018 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/Drivers_of_Digital_Transformation_in_Manufacturing.pdf
- 28 MARCOŇ, Petr. *Průmysl 4.0: Industry 4.0* [online]. 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: http://www.utec.feec.vutbr.cz/iet/wpcontent/uploads/sites/2/2016/10/Industry4_0_Marcon.pdf
- 29 MAŘÍK, Vladimír a kol. *Národní iniciativa Průmysl 4.0* [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu, září 2015, [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/61309/637547/priloha001.pdf>
- 30 MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: Výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.
- 31 Ministerstvo průmyslu a obchodu: *Iniciativa Průmysl 4.0* [online]. 2017 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/dokumenty/53723/64358/658713/priloha001.pdf>
- 32 Mohammed RiyadhAbdmeziem, Djamel Tandjaoui a Imed Romdhani. *Architecting the Internet of Things: State of the Art* [online]. 2015 [cit.2020-11-30]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Spravce/Downloads/DraftBookChapter.pdf>
- 33 Momentum, LLC. *The Evolution of Industry 1.0 to 4.0* [online]. In: 2019 [cit. 2020-11-30]. Dostupné z: <https://www.seekmomentum.com/blog/manufacturing/the-evolution-of-industry-from-1-to-4>
- 34 N. Shahrubudin, T. C. Lee a R. Ramlan. *An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications* [online]. Elsevier B.V., 2019 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919308169>
- 35 O. Vermesan, M. Harrison, H. Vogt, K. Kalaboukas, M. Tomasellali, K. Wouters, S. Gusmeroli a S. Haller. *Vision and challenges for realising the internet of things* [online]. In: EuropeanCommissionInformation Society and Media, 2010 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <http://goo.gl/f37ZEJ>
- 36 Paul A aJeyaraj R. *Internet of Things: A primer* [online]. In: 2019 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hbe2.133>
- 37 PINTELON, L.M. a L.F. GELDERS. *Maintenance management decision making* [online]. [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: file:///C:/Users/Spravce/Downloads/Maintenance_management_decision_making.pdf

- 38 PLA – 3D tisk [online]. 2016 [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <https://makerslab.cz/3d-tisk-pla/>
- 39 PLM-S: *Digital Twin* [online]. 2021 [cit. 2021-01-24]. Dostupné z: <https://plm-s.com/digitalisation/digital-twin/>
- 40 POHANKA, Pavel. *Internet věcí* [online]. 2020 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://pavelpohanka.cz/internet-of-things/>
- 41 Rascasone: INTERNET VĚCÍ (IOT): DEINICE, PŘÍKLADY VYUŽITÍ, PRODUKTY [online]. 2020 [cit. 2020-11-15]. Dostupné z: <https://www.rascasone.com/cs/blog/iot-internet-veci-definice-produkty-historie>
- 42 REHMAN, KALSOOM, RAMZAN a AHMED. *Advances in Sensor Technologies in the Era of Smart Factory and Industry 4.0* [online]. United Kingdom, 2020, 22 [cit. 2021-12-09]. Dostupné z: <file:///C:/Users/st541/Downloads/sensors-20-06783.pdf>
- 43 SEDLÁK, Josef. *Aditivní technologie – metody Rapid Prototyping* [online]. Brno: UST, 2017 [cit. 2021-01-09]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/sto_bak/cv_STV_04_Aditivni_tecnologie_metody_Rapid_Prototyping.pdf
- 44 SCHWAB, Klaus. *The Fourth Industrial Revolution*. Londýn: Portfolio/Penguin, 2017. ISBN 978-0- 241-30075-6
- 45 SHI Z, XIE Y, XUE W, CHEN Y, FU L a XU X. *Smart factory in Industry 4.0* [online]. 2020 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/sres.2704>
- 46 SIEMENS. Digital Mockup, Virtual&Augmented Reality [online]. 2020 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/industries/automotive-transportation/automotive-oems/digital-mockup-virtual-augmented-reality.html>
- 47 SIEMENS. *Digital transformation: Leading by example* [online]. In: 2021 [cit. 2021-03-01]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/industry/electronics-digitalenterprise-futuretechnologies.html>
- 48 SIEMENS. Digital Twins: *The Birth of Constant Optimization* [online]. [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/digitaltwin/digital-twin.html>
- 49 SIEMENS: *Novinky a trendy v oblasti automatizace a digitalizace průmyslové výroby*. Siemens: *Novinky a trendy v oblasti automatizace a digitalizace průmyslové výroby* [online]. 2018, 2018 [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://www.industryforum.cz/chcete-zazit-prumysl-4-0-v-praxi-prijdte-do-digitalni-areny>
- 50 SIEMENS. Průmysl 4.0: *Digitalizace v průmyslové výrobě*. Siemens [online]. Česká republika, 2016 [cit. 2020-09-25]. Dostupné z: <https://www.siemens.cz/prumysl40/>
- 51 SIEMENS: *Průmysl 4.0*. Siemens [online]. 2016 [cit. 2020-09-25].

- 52 SIEMENS: *Továrny budoucnosti: Továrny na informace* [online]. In: 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.visionsmag.cz/tovarny-budoucnosti-tovarny-na-informace>
- 53 The 5 key drivers of digital transformation today [online]. 2017 [cit. 2021-01-15]. Dostupné z: <https://www.cio.com/article/3198121/whats-now-in-digital-transformation.html>
- 54 TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Průmysl 4.0, aneb, Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Professional Publishing, 2017, 200 s. ISBN 978-80-906594-4-5.
- 55 TRIBUTECH. *The digital twin* [online]. 2019 [cit. 2020-11-17]. Dostupné z: <https://www.tributech.io/the-digital-twin/>
- 56 TULIP: *What is a Smart Factory* [online]. [cit. 2020-11-14]. Dostupné z: <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you>
- 57 Vše o průmyslu: *Prediktivní údržba a inteligentní servis* [online]. 2017 [cit. 2020-11-16]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/inspirace/video/prediktivni-udrzba-a-inteligentni-servis.html>
- 58 Vše o průmyslu: *Průmysl 4.0* [online]. 2020 [cit. 2021-01-03]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/prumysl-4-0.html>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1: Scénář dotazování pro šetření k bakalářské práci

Scénář dotazování k praktické části bakalářské práce na téma Chemistry 4.0 - Smart
Manufacturing v chemických podnicích

Cílem tohoto výzkumu je ve vybraném podniku zjistit stav implementace prvků a technologií Průmyslu 4.0, k jehož zjištění byl sestaven scénář dotazování.

Scénář dotazování je složen z několika částí. První část se zaměřuje na připravenost, vizi a strategii podniku v rámci zavádění prvků Průmyslu 4.0. Druhá část se týká přístupu podniku k budování Smart Factory a s tím spojené implementace digitálních technologií. Třetí část se zabývá lidským faktorem, jeho rolí a povinnostmi v souvislosti s přechodem do Průmyslu 4.0, a poslední část je věnována dopadu pandemie Covid-19 na výrobu.

Část I

- 1) Je podnik seznámen s konceptem Průmyslu 4.0? Pokud ano, do jaké míry je podle Vás tento koncept pro podnik významný?
.....
- 2) Byla vize a strategie vašeho podniku ovlivněna okolnostmi souvisejícími s Průmyslem 4.0?
.....
- 3) Jsou v souvislosti s Průmyslem 4.0 formulovány některé KPI – klíčové cíle a indikátory? Jaké?
.....
- 4) Jsou již ve vašem podniku implementovány některé prvky Průmyslu 4.0? (např. digitalizace, automatizace, robotizace) Do jaké míry?
.....
- 5) Uvažujete o zavedení některých prvků v nejbližší době? Kterých?
.....
- 6) Jaké jsou vaše motivace k implementaci prvků Průmyslu 4.0? Jaké přínosy od implementace očekáváte?
.....
- 7) Jak jsou pro vás cenná digitální data a v čem vidíte největší přínosy digitalizace?
.....

- 8) Do jaké míry zvažujete bezpečnostní rizika spojená s digitalizací?

- 9) Co případně brání implementaci prvků Průmyslu 4.0? (finance, nezáměr, nedostatek informací, lidských zdrojů)

- 10) Považujete do budoucna roli prvků Průmysl 4.0 za klíčový faktor pro dlouhodobou konkurenceschopnost ve vašem oboru podnikání?

Část II

- 1) Jak hodnotíte úroveň digitalizace ve vaší výrobě? (pracujete s daty efektivně a jste schopni provádět analýzy, propojovat různé podnikové a jiné systémy, jste schopni vyhodnocovat, sledovat a predikovat vybrané ukazatele v reálném čase)

- 2) Jaká je úroveň robotizace ve vaší výrobě? (stupeň využití robotů při výrobě)

- 3) Jaká je úroveň horizontální integrace všech subsystémů? Hovoříme tak o systémech, které zajišťují přijetí a potvrzení objednávky přes výrobní úsek až po expedici produktu a zabezpečení záručního a pozáručního servisu.

- 4) Jaká je úroveň vertikální integrace všech subsystémů? (od nejnižší úrovně automatického řízení fyzických procesů přes management výrobního úseku až po plánování podnikových zdrojů)

- 5) Využíváte některé z technologií Průmyslu 4.0?

- 6) Využíváte ve vašem podniku pro přenos dat Internet věcí? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jeho využití?

- 7) Využíváte ve vašem podniku virtuální či rozšířenou realitu? Pokud ano, do jaké míry? Pokud ne, uvažujete o jejím využití?

8) Využíváte pro výrobu technologii 3D tisku? Pokud ano, do jaké míry (pro jaké výstupy).
Pokud ne, uvažujete o jejím využití?

.....

9) Jednou z hlavních přidaných hodnot datové analytiky v Průmyslu 4.0 je prediktivní
údržba, využíváte ji ke zjištění stavu zařízení ve vašem podniku? Pokud ano, do jaké
míry? Pokud ne, uvažujete o jejím využití?

.....

10) Jaké jsou stávající přínosy implementace zmíněných technologií Průmyslu 4.0?
Ve které z technologií vidíte největší přínos a proč?

.....

Část III

1) Máte nějaké speciální oddělení ve vašem podniku, popř. kdo se digitalizací zabývá?

.....

2) Jaké znalosti a dovednosti by měli mít vaši zaměstnanci v souvislosti se zaváděním
Průmyslu 4.0?

.....

3) Jsou vaši zaměstnanci připraveni na digitalizaci? (např. znají a umí obsluhovat moderní
technologie, umí pracovat s daty)

.....

4) Zanikly nějaké pracovní pozice s nástupem digitalizace ve vašem podniku? Pokud ano,
jaké?

.....

5) Vznikly nějaké pracovní pozice s nástupem digitalizace ve vašem podniku? Pokud ano,
jaké?

.....

Část IV

1) Ovlivnila nějakým způsobem pandemie Covid-19 vaši výrobu? Pokud ano, jak?
(z pohledu výroby, výrobních kapacit, zákaznické poptávky)

.....

2) Ovlivnila pandemie Covid-19 vaši celkovou firemní a výrobní strategii? Pokud ano,
jak?

.....
3) Ovlivnila pandemie Covid-19 vaše plánované investice do nových technologií? Pokud ano, jak?

.....
4) Pomohla vám některá z technologií při změně výroby v důsledku pandemie Covid-19? Pokud ano, jaká?

.....
5) Jak se váš podnik přizpůsobil bezpečnosti a ochraně zdraví zaměstnanců v souvislosti s pandemií Covid-19?

.....